

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

**Monitorování enviromentálních parametrů pro chytrou
cyklistickou helmu**

Measurement of Enviromental Parameters for Smart Helmet

2018

Jiří Svoboda

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Svoboda**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3901R039 Biomedicínský technik
Téma: **Monitorování enviromentálních parametrů pro chytrou
cyklistickou helmu**
Measurement of Enviromental Parameters for Smart Helmet
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Seznámení se s problematikou měření enviromentálních parametrů.
2. Výběr vhodných senzorů, vybraných enviromentálních parametrů, pro aplikaci v chytré cyklistické helmě.
3. Návrh a realizace elektronického řešení pro měření zvolených enviromentálních parametrů a jejich záznam.
4. Návrh a realizace software pro vizualizaci změřených signálů.
5. Provedení testů v laboratorním prostředí a v aplikaci na smart helmě.
6. Zhodnocení dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] YANG, Guang-Zhong (ed.) *Body Sensor Network* London (UK): Springer-Verlag, 2006. 493 s. ISBN 978-1-84628-272-0.
[2] ČERNÝ, Martin a Marek PENHAKER. *Biotelemetrie*. 1.vyd. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1605-0.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

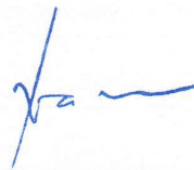
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Martin Černý, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2017

Datum odevzdání: 30.04.2018



doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 26. dubna 2018


.....
podpis studenta

Poděkování

Rád bych poděkoval panu doc. Ing. Martinu Černému, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této bakalářské práce.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je návrh a realizace systému pro monitorování enviromentálních parametrů, s užitím na chytré cyklistické helmě. Monitorování enviromentálních parametrů poskytuje důležitý údaj o okolním prostředí, ve kterém je vykonáván fyzický výkon, a to v podobě jízdy na jízdním kole. Součástí bakalářské práce je průzkum trhu za účelem výběru vhodných senzorů pro toto monitorování, elektronické a software řešení jednotlivých senzorů, dále návrh a realizace softwaru pro vyhodnocování zaznamenaných dat, a v poslední řadě testování s vyhodnocením dosažených výsledků. Hlavním přínosem této bakalářské práce je postup při sestavování monitorovacího zařízení pro enviromentální parametry, zjištění, zda vybrané enviromentální senzory jsou ideální pro tato měření, dále zdali jsou senzory vhodné pro umístění na chytré cyklistické helmě a jestli měření těchto parametrů je pro potenciální uživatele chytré cyklistické helmy přínosné. Tato bakalářská práce vznikla ve spolupráci s firmou Invent Medical, která zadala podměť pro sestrojení chytré cyklistické helmy. Tato chytrá cyklistická helma, by měla být schopná měřit nejrůznější životní funkce, snímat okolní prostředí a měla mnoho jiných funkcí.

Klíčová slova

Enviromentální; senzor vlhkosti; senzor koncentrace prachu; teplotní senzor; Arduino Uno; software

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to design and implement a system for monitoring environmental parameter and using on smart bicycle helmet. Enviromental parameter monitoring provides an important indication of the environment in which physical performance is performed in the form of cycling. Part of the bachelor thesis is a survey for the selection of suitable sensors for this monitoring, electronic and software solutions of individual sensors, design and implementation of software for evaluation of recorded data, and last but not least, testing with evaluation of achieved results. The main contribution of this bachelor thesis is the process of assembling a monitoring device for environmental parameters, whether the selected environmental sensors are ideal for these measurements, whether the sensors are suitable for placing on a smart cycling helmet, and whether the measurement of these parameters is for potential users clever cycling helmets beneficial. This bachelor thesis was created in cooperation with Invent Medical, which entered the subject for the construction of a clever bicycle helmet. This clever bicycle helmet should be able to measure a variety of life functions, capture the environment, and have many other features.

Key words

Enviromental; humidity sensor; dust concentration sensor; temperature sensor; Arduino Uno; software

Obsah

Seznam obrázků	8
Seznam tabulek.....	9
Seznam zkratk.....	10
Seznam jednotek.....	11
1 Úvod.....	12
2 Rešerše na téma: Měření enviromentálních parametrů pro chytrou cyklistickou helmu ..	13
Úvod a východiska rešerše:	13
2.1 Formulace Tématu:	13
2.2 Klíčová slova:.....	13
2.2.1 Časové rozmezí:	13
2.2.2 Jazykové vymezení:	13
2.2.3 Typy dokumentů:	13
2.2.4 EIZ:.....	13
2.2.5 Bibliografické záznamy vybraných výsledků.....	14
2.2.6 Flow diagram:.....	15
2.3 Vlastní rešerše:	16
2.4 Závěry rešerší:	24
2.5 Vlastní závěr:.....	24
3 Teoretická část.....	25
3.1 Ovzduší	26
3.2 Typy optických senzorů	26
3.3 Senzor teploty.....	27
3.3.1 Polovodičové odporové senzory teploty.....	27
3.3.2 Negastory (NTC termistory).....	28
3.3.3 Pozistory (PTC termistory).....	28
3.4 Vlhkost ovzduší.....	29
3.4.1 Absolutní vlhkost:	29
3.4.2 Relativní vlhkost:	29
3.4.3 Odporové senzory vlhkosti.....	30
3.4.4 SPI (Serial Peripheral Interface).....	30
3.4.5 I ² C.....	31

4	Praktická část.....	32
4.1	Snímač teploty a vlhkosti	36
4.2	Senzor teploty.....	37
4.3	Snímač koncentrace prachu v ovzduší	38
4.4	Arduino Uno:.....	38
4.5	Arduino Data Logger shield:.....	39
5	Realizace elektronického řešení	40
5.1	Snímač teploty a vlhkosti:	40
5.2	Senzor teploty:.....	41
5.3	Senzor koncentrace prachu.....	42
6	Software řešení:.....	43
7	Software k vyhodnocení dat:	50
7.1	Uživatelské rozhraní.....	53
8	Testování v laboratoři s aplikací na chytré cyklistické helmě:.....	57
9	Popis změřených dat.....	61
10	Závěr	64
	Literatura	65
	Seznam příloh.....	66

Seznam obrázků

Obrázek 1 Flow diagram	15
Obrázek 2 Graf závislosti napětí na teplotě.....	16
Obrázek 3 Graf závislosti napětí na koncentraci kyslíku	17
Obrázek 4 Graf závislosti napětí na relativní vlhkosti	17
Obrázek 5 Schéma architektury systému	18
Obrázek 6 GUI navržené v LabView	19
Obrázek 7 Blokové schéma vestavěného systému	20
Obrázek 8 Blokové schéma	21
Obrázek 9 Blokové schéma navrženého systému	22
Obrázek 10 Blokové schéma zvýšené koncentrace plynů	23
Obrázek 11 Graf závislosti odporu na teplotě pro pozistor a negastor [20].....	27
Obrázek 12 NTC termistor [7]	28
Obrázek 13 PTC termistor [8].....	28
Obrázek 14 Sběrnice SPI [16].....	31
Obrázek 15 Komunikace po I2C [17]	31
Obrázek 16 Blokové Schéma řešení bakalářské práce	34
Obrázek 17 Senzor SHT15 [9]	36
Obrázek 18 Senzor DS18B20 [10].....	37
Obrázek 19 Grove Dust Sensor [11]	38
Obrázek 20 Arduino Uno [12].....	39
Obrázek 21 Data Logger Shield [13].....	39
Obrázek 22 Schéma zapojení senzoru SHT15 [14].....	40
Obrázek 23 Schéma navržené v prostředí EAGLE	40
Obrázek 24 Schéma zapojení senzoru DS18B20 [15].....	41
Obrázek 25 Schéma navržené v prostředí EAGLE	41
Obrázek 26 Schéma zapojení Grove dust sensor.....	42
Obrázek 27 Schéma funkčního diagramu.....	43
Obrázek 28 Vývojový diagram senzorů SHT15.....	45
Obrázek 29 Vývojový diagram senzoru DS18B20	46
Obrázek 30 Vývojový diagram snímače koncentrace prachu	46
Obrázek 31 Graf závislosti LPO time a concentration	48
Obrázek 32 Vývojový diagram 1	50
Obrázek 33 Vývojový diagram 2	51
Obrázek 34 Vývojový diagram 3	52
Obrázek 35 GUI navrženého softwaru	53
Obrázek 36 Use case diagram	53
Obrázek 37 Část GUI navrženého softwaru	54
Obrázek 38 Graf 1 a 2 navrženého softwaru	55
Obrázek 39 Graf 3 navrženého softwaru.....	55
Obrázek 40 Graf 4 navrženého softwaru.....	56
Obrázek 41 Graf 5 navrženého prostředí.....	56
Obrázek 42 Naměřená data ze senzorů SHT15	57

Obrázek 43 Naměřená data ze senzoru DS18B20.....	57
Obrázek 44 Data z Grove Dust sensoru	58
Obrázek 45 Rozmístění senzorů vně cyklistické helmy	59
Obrázek 46 Rozmístění senzorů uvnitř cyklistické helmy	60
Obrázek 47 Graf koncentrace prachu	61
Obrázek 48 Graf teplotní křivky ze senzoru DS18B20	61
Obrázek 49 Graf teplotních křivek senzorů SHT15	62
Obrázek 50 Graf křivek relativní vlhkosti senzorů SHT15	62
Obrázek 51 Graf křivek teplotních senzorů.....	63

Seznam tabulek

Tabulka 1 Teplotní senzory	35
Tabulka 2 Senzory ovzduší	35

Seznam zkratek

Zkratka	Význam zkratky
Ni-Cr	Chrom-nikl
Au	Zlato
ZrO	Oxid zirečnatý
NO ₂	Oxid dusičitý
GUI	Grafické uživatelské rozhraní
CO ₂	Oxid uhličitý
PN	Z ang. Pressure Nominal = jmenovitý tlak
EMC	Elektromagnetická kompatibilita
SMD	Z ang. surface mount device = součástky určené pro povrchovou montáž
SMT	Z ang. Surface mount technology = povrchová montáž
EEPROM	Z ang. Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory = Elektronicky vymazatelná paměť pouze pro čtení
SRAM	Z ang. Static Random Access Memory = statická paměť
SPI	Z ang. Serial Peripheral Interface = sériové periferní rozhraní
A/D	Analog to Digital
PWM	Z ang. Pulse Width Modulation = pulsně šířková modulace
RTC	Z ang. Real-time clock = hodiny reálného času
SCK	Z ang. Serial clock = sériové hodiny
GND	Z ang. Ground = uzemnění
DPS	Deska plošných spojů
V	Z ang. Volume = objem

Seznam jednotek

Jednotka	Význam
mPa	Milipascal
°C	Stupeň celsia
mW	Miliwatt
Km	kilometr
Km ²	Kilometr čtvereční
Ω	Ohm
k Ω	Kiloohm
M	Metr
%	Procento
A	Ampér
μ A	Mikroampér
Ms	Milisekunda
S	Sekunda
Mm	Milimetr
V	Volt

1 Úvod

Cílem této bakalářské práce je návrh a realizace systému pro monitorování enviromentálních parametrů. Součástí práce je seznámení se s danou problematikou po teoretické stránce s vypracováním rešerše na dané téma. Následuje praktická část, ve které jsou zvoleny vhodné senzory pro měření enviromentálních parametrů, jejich následné elektronické a software řešení. Po vykonání všech náležitostí pro funkčnost senzorů a měřících zařízení, následuje vyhotovení softwaru pro vizualizaci naměřených dat. Pomocí toho softwaru je možné vyhodnocovat jednotlivá data, která budou nasnímana senzory. Následujícím bodem je testování celého systému v laboratorním prostředí s následným měřením v terénu, s umístěním senzorů na cyklistické helmě. Závěrem bakalářské práce je zhodnocení dosažených výsledků. Zhodnocení se týká nejen naměřených dat, ale celého konceptu měření enviromentálních parametrů s užitím na chytré cyklistické helmě.

Monitorování enviromentálních parametrů je důležitou a přínosnou informací pro potencionálního uživatele chytré cyklistické helmy. Uživatel, tak může mít kontinuální přehled o okolním prostředí, ve kterém prováděl jízdu na cyklistickém kole. Můžeme monitorovat nejrůznější parametry, jako například teplotu vzduchu, relativní vlhkost, rychlost a směr větru, ale také nejrůznější složky vzduchu tzv. emise. Všechny tyto enviromentální parametry přináší uživateli informace o prostředí, a jaký má toto prostředí vliv na uživatele, jeho organismus nebo fyzický výkon. Monitorováním enviromentálních parametrů se nemyslí jen zaznamenávání okolního prostředí, ale můžeme také monitorovat tyto parametry uvnitř cyklistické helmy. Mohli bychom například monitorovat teplotu uvnitř cyklistické helmy v závislosti na fyziologických změnách organismu během fyzického výkonu. Tyto údaje nemusí být přínosné pro uživatele, ale například pro tým, který vyvíjí cyklistickou helmu. Například v poznatcích o teplotách uvnitř cyklistické helmy, mohou být nalezeny poznatky k ideální konstrukci helmy, tak aby uživatel měl zaručenou ideální prodyšnost a odvětrávání teploty z povrchu hlavy. Tyto informace mohou mít cennou hodnotu v konceptu chytré cyklistické helmy, a z tohoto důvodu je měření enviromentálních parametrů důležitou a zajímavou prací.

2 Rešerše na téma: Měření enviromentálních parametrů pro chytrou cyklistickou helmu

Úvod a východiska rešerše:

Monitorování environmentálních parametrů je měření, kterým chceme zaznamenávat nejružnější parametry okolního prostředí, jako je například teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, rychlost větru, emisní hodnoty ovzduší atd. Měření těchto environmentálních parametrů chceme aplikovat pomocí senzorů na cyklistické Smart helmě a na základě těchto požadavků je nezbytné vypracovat rešerši k získání co největších poznatků k tématu.

Primárním cílem této rešerše je seznámení se s problematikou měření environmentálních parametrů. Zjistit, které měřicí senzory jsou ideální pro měření daných parametrů a zdali se někdo zabývá, či zabýval aplikací senzorů na cyklistickou či jinou helmu. Dalším bodem rešerše je zjistit jakým způsobem je nejlépe postupovat, při sestavování elektronického a software řešení.

2.1 Formulace Tématu:

Monitorování enviromentálních parametrů pro chytrou cyklistickou helmu

2.2 Klíčová slova:

((Environment)) OR (Environmental) and (Sensors) and (Helmet) Refined by:
((Environment) and (Measurement) and (Sensors)) Refined by:
((Environment) and (Measurement) and (helmet)) Refined by:
((Environment) and (Measurement) and

2.2.1 Časové rozmezí:

2000-2017

2.2.2 Jazykové vymezení:

Angličtina

2.2.3 Typy dokumentů:

Příspěvky ve sborníku, odborné články v impaktovaných časopisech, závěrečné práce.

2.2.4 EIZ:

IEEE, ISI Web of Knowledge, SCOPUS

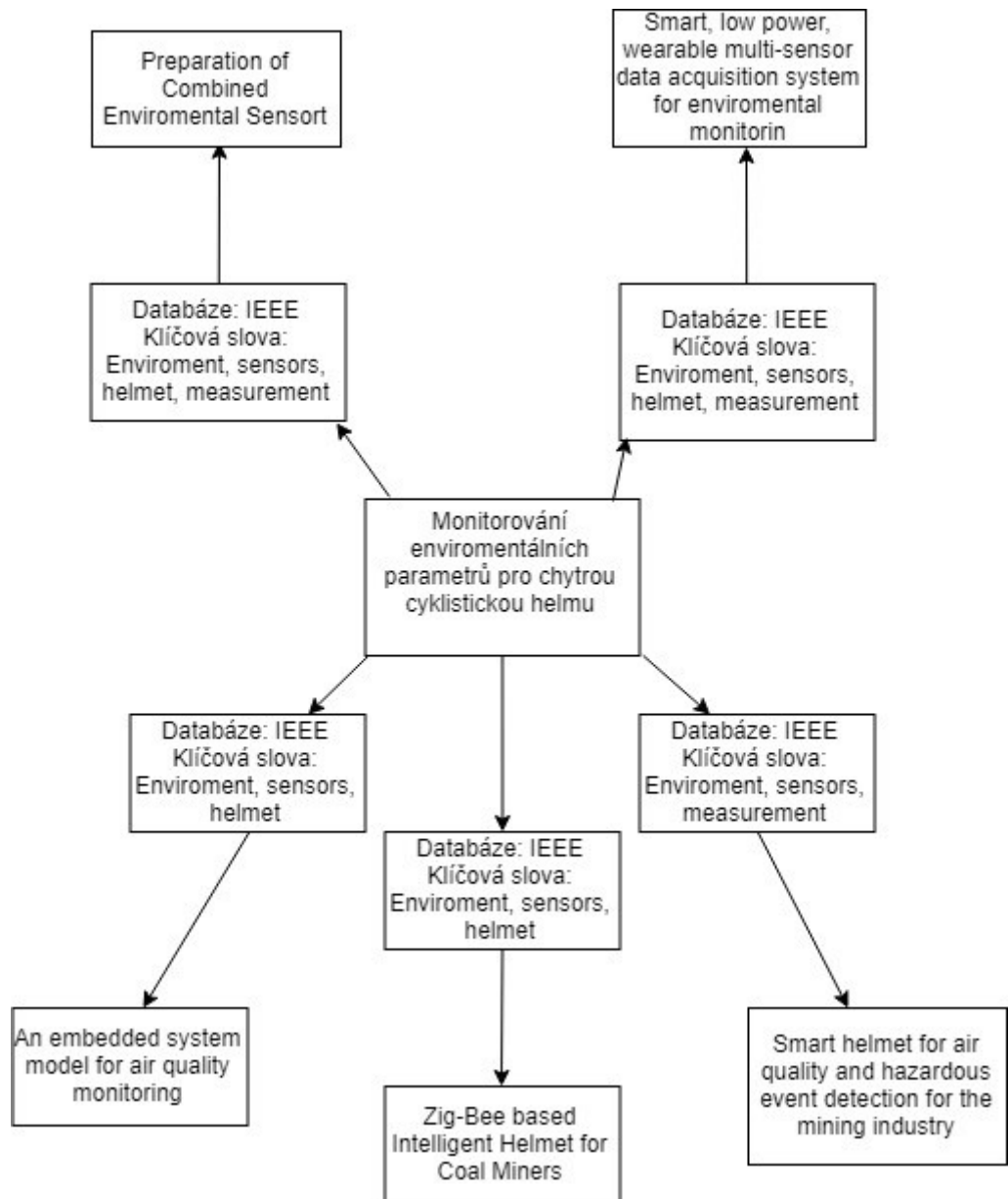
2.2.5 Bibliografické záznamy vybraných výsledků.

- [1] CHUNHUA HUANG. Preparation of Combined Enviromental Sensors. *2005 12th International Symposium on Electrets* [online]. China: IEEE, 2005, , 386-387 [cit. 201712-18]. DOI: 10.1109/ISE.2005.1612404. ISBN 0-7803-9116-0.
- [2] SERBANESCU, M., V. M. PLACINTA, O. E. HUTANU a C. RAVARIU. Smart, low power, wearable multi-sensor data acquisition system for environmental monitoring. *2017 10th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE)* [online]. Bucharest, Romania: IEEE, 2017, , 118-123 [cit. 2017-12-18]. DOI: 10.1109/ATEE.2017.7905059. ISBN 978-1-5090-5160-1.
- [3] S. Jangid and S. Sharma, "An embedded system model for air quality monitoring," *2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, New Delhi, 2016, pp. 3003-3008.
- [4] KATARA, Arun, Anand DANDALE, Abhilesh CHORE a Anurag BHANDARWAR. Zig-Bee Based Intelligent Helmet for Coal Miners. *2015 Fifth International Conference on Communication Systems and Network Technologies* [online]. IEEE, 2015, 2015, , 314-317 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1109/CSNT.2015.142. ISBN 978-1-4799-1797-6. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7279931/>
- [5] BEHR, C. J., A. KUMAR a G. P. HANCKE. A smart helmet for air quality and hazardous event detection for the mining industry. *2016 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)* [online]. IEEE, 2016, 2016, , 2026-2031 [cit. 2018-04-08]. DOI: 10.1109/ICIT.2016.7475079. ISBN 978-1-4673-8075-1. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7475079/>

Přehled vybraných zdrojů dle typu časového, jazykového a geografického původu.

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
EIZ	IEEE	IEEE	IEEE	WoS	IEEE
Časová lokalizace	2005	2017	2016	2015	2016
Původní jazyk výsledku	EN	EN	EN	EN	EN
Geografický původ	Čína	Rumunsko	Indie	Indie	Taiwan

2.2.6 Flow diagram:



Obrázek 1 Flow diagram

2.3 Vlastní řešení:

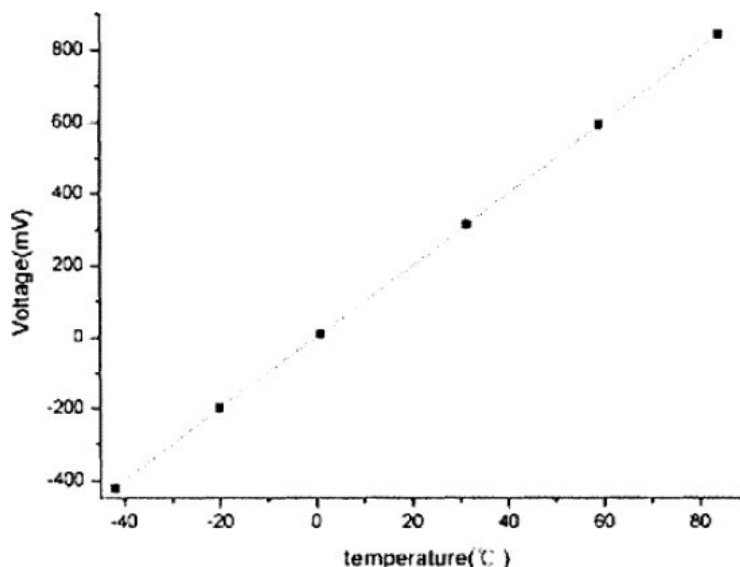
[1] Originální název:

Preparation of Combined Environmental Sensors.

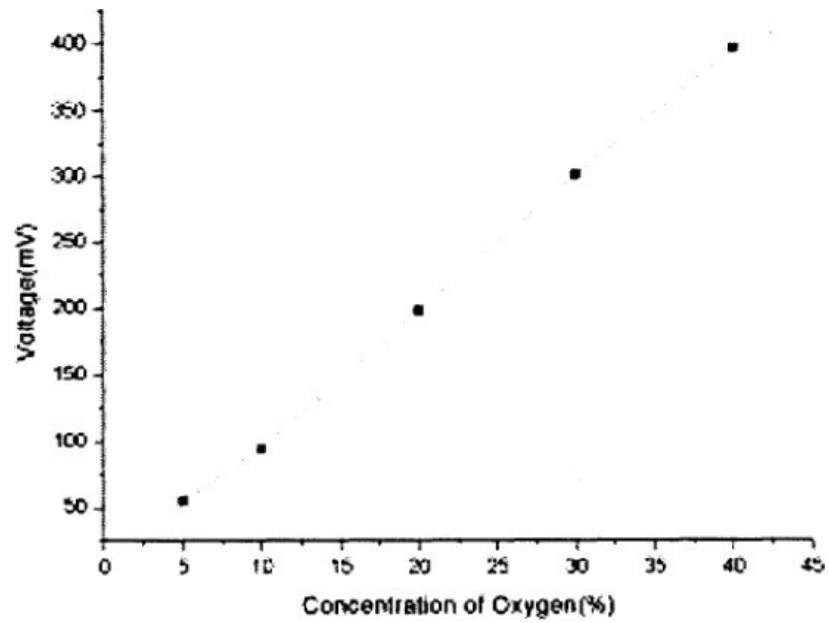
Český název:

Příprava různých senzorů prostředí.

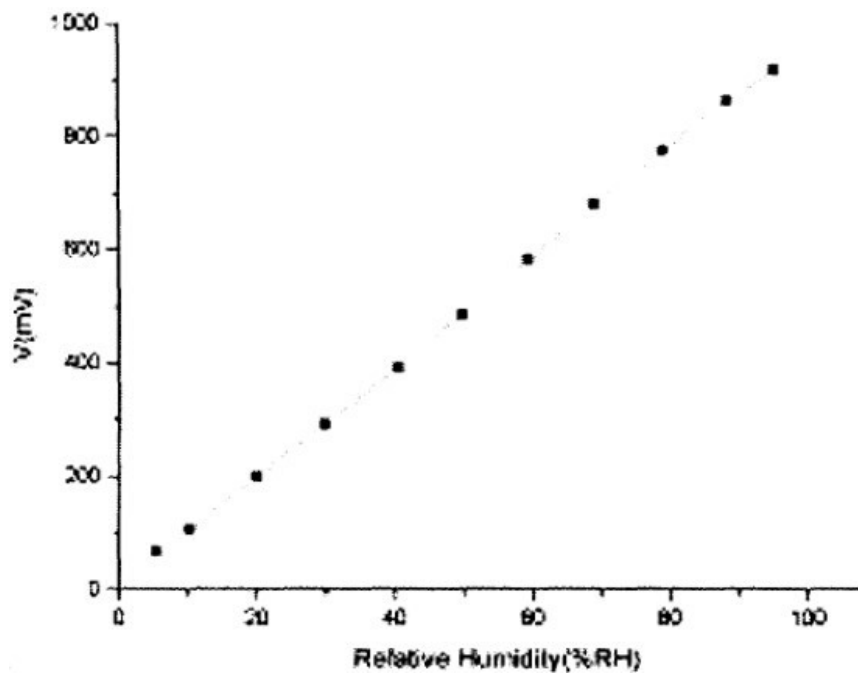
Tento článek pojednává o senzorech životního prostředí, které jsou vyrobeny speciální metodou tzv. magnetického rozprašování a odstředování. Jedná se o senzory s čidly pro měření teploty, vlhkosti a snímání hladiny kyslíku. Teplotní senzor byl připraven technologií magnetického rozprašování. Byl nanesen tenký film substrátu na bázi amorfního křemíku. Tento film byl nanášen v komoře pod tlakem 4 mPa a teplota substrátu byla 200 °C, celková doba výroby byla 20 minut. Kapacitní čidlo vlhkosti, které je sestaveno z deskového kondenzátoru s polyamidovým dielektrikem, bylo upraveno nanesením filmu z Ni-Cr a poté opětovným nanesením filmu z Au. Celý tento postup byl zakončen tepelným ošetřením celého senzoru. Posledního kyslíkového senzoru byl touto metodou vyroben pevný elektrolyt ze ZrO (NO₂)₂ a CaCO₃. Následujících grafech můžeme vidět výsledky z měření po technických úpravách zmíněných senzorů.



Obrázek 2 Graf závislosti napětí na teplotě



Obrázek 3 Graf závislosti napětí na koncentraci kyslíku



Obrázek 4 Graf závislosti napětí na relativní vlhkosti

[2] Originální název:

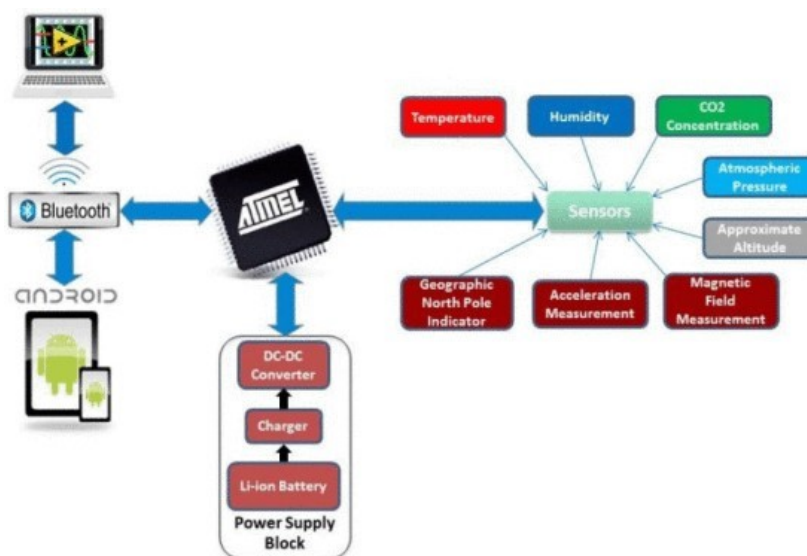
Smart, low power, wearable multi-sensor data acquisition system for enviromental monitoring.

Český název:

Chytrý, nízko příkonový variabilní senzor pro snímání životního prostředí.

Článek pojednává o problematice v technologickém vývoji v oblasti inteligentního snímání. Jsou zde problémy týkající se systémové integrace, miniaturizace senzorů a zejména návrhy obvodů snímačů nízkého výkonu stále představují hlavní technické problémy. Tento článek popisuje prototyp inteligentního, nízko příkonového systému, který lze použít k monitorování životního prostředí. Systém používá řadu snímačů připojených k centrální procesní jednotce s firmware pro nepřetržité sledování. Proces sběru dat byl proveden prostřednictvím rozhraní Bluetooth s grafickým uživatelským rozhraním (GUI) navrženým v rámci aplikace LabVIEW. Tento systém bude také propojen se zařízením Android jako alternativou pro snadný přístup a přenositelnost.

Systém obsahuje snímače pro vyhodnocování následujících parametrů – teplotu, vlhkost, atmosférický tlak, koncentraci Co₂, měření magnetického pole, akcelerometr a sensor rychlosti. Vše je napájeno Lithium-Ion baterií. Celý systém má spotřebu energie cca 300 mW při plném zatížení.



Obrázek 5 Schéma architektury systému

Článek dále popisuje architekturu systému, komunikační blok, napájecí blok a navržení GUI v LabView, kde je možné číst veškerá data co 2 sekundy. Všechna data jsou přijímána v ASCII znacích a po dalších úpravách jsou převáděna do grafů.



Obrázek 6 GUI navržené v LabView

Zbytek celého článku je zaměřen na sběr jednotlivých dat ze senzorů ve vnitřním a vnějším prostředí, následuje objektivní vyhodnocení jednotlivých senzorů.

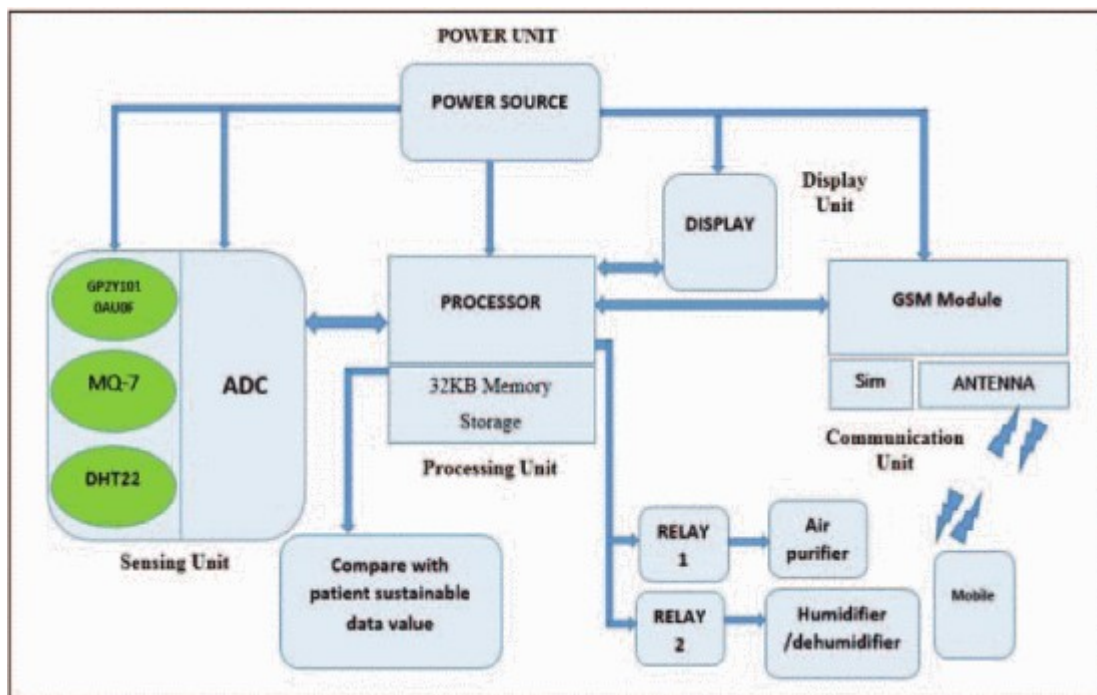
[3] Originální název:

An embedded system model for air quality monitoring.

Český název:

Vestavěný systém pro monitorování životního prostředí.

Studie popisuje sestavení vestavěného systému pro monitorování životního prostředí. Pro sledování kvality vzduchu byl použit senzorový mikroprocesor vybavený senzory plynu, teploty, vlhkosti, dále čidlem optických částic a čidlem teplotním. Dále je v článku znázorněno sestavení celého systému.



Obrázek 7 Blokové schéma vestavěného systému

V systému byl použit senzor DHT-22 pro měření vlhkosti a teploty. Tento senzor je nízkonákladový digitální snímač, který používá kapacitní snímání vlhkosti a termistor pro měření teploty okolního vzduchu. V následující bakalářské práci je zvažováno vybrání senzoru SHT15, což je podobný ekvivalent DHT-22. Poznatky tohoto článku mohou být v budoucnu přínosné pro srovnání těchto dvou senzorů.

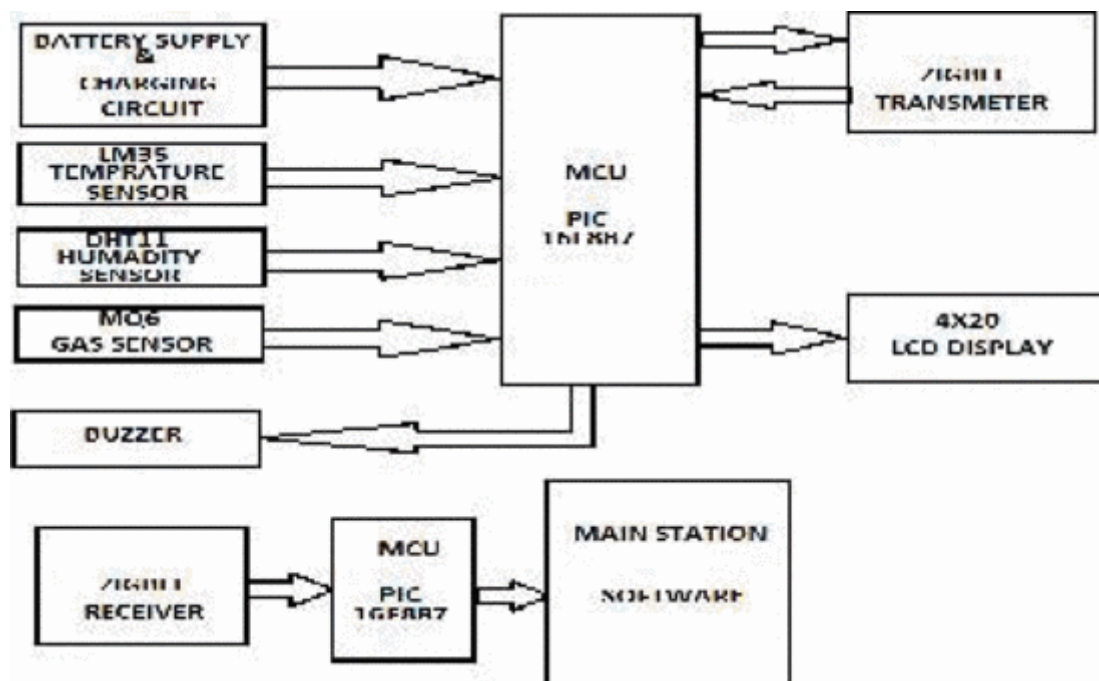
[4] Originální název:

Zig-Bee Based Intelligent Helmet for Coal Miners

Český název:

Zig-Bee Inteligentní přilba pro horníky

Článek popisuje realizaci chytré přilby pro horníky, kteří pracují v dolech. Helma vznikla v důsledku zkvalitnění bezpečnosti horníku, kteří jsou vystavováni mnoha nebezpečím. Byla zkoumána helma využívající bezdrátové připojení, pomocí kterého se odesílají data z různých senzorů. Sensory snímají okolní prostředí horníků a včas dokážou informovat o potenciálním nebezpečí.



Obrázek 8 Blokové schéma

Na obrázku č.12 je blokové schéma navrženého systému pro monitorování a vyhodnocování dat z nejrůznějších systémů. V konceptu přílby byl užit senzor LM35, jako senzor teploty, dále senzor vlhkosti DHT11 a senzor plynu MQ6. Všechny tyto komponenty byly vpracovány do Zig-bee modulu s anténou, pomocí kterého je možné bezdrátově zasílat naměřená a vyhodnocená data.

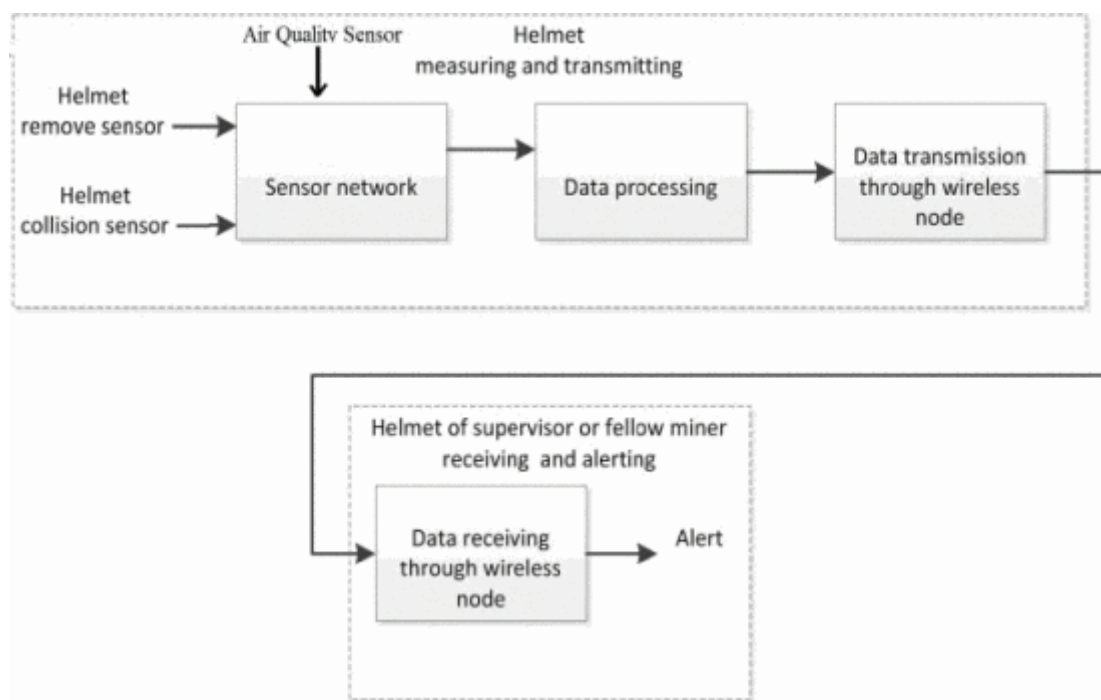
[5] Originální název:

A smart helmet for air quality and hazardous event detection for the mining industry

Český název:

Chytrá helma s detekcí kvality ovzduší a nebezpečných událostí v těžebním průmyslu.

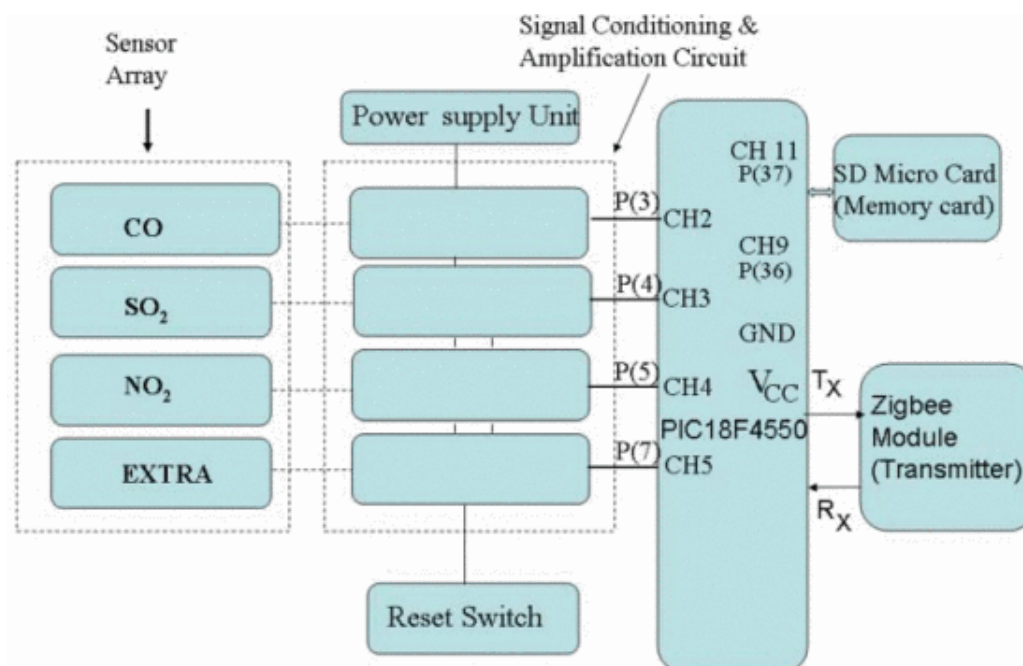
Tato helma vznikla na základě tří hlavních předpokladů pro vznik rizik v těžebním průmyslu a jedním z těchto rizik je kvalita ovzduší. Nejrůznější senzory kvality ovzduší byly vybrány pro sestavení systému, který je součástí chytré helmy. Bylo navrženo blokové schéma řešení chytré helmy, které je znázorněno na dalším obrázku.



Obrázek 9 Blokové schéma navrženého systému

Senzor kvality ovzduší byl navržen tak, aby snímal nejrůznější plyny vyskytující se v dolech, jako například metan, oxid siřičitý, oxid uhelnatý a další. Pro měření těchto plynů byl vybrán elektrochemický senzor plynů.

Dále bylo navrženo řešení pro upozornění na zvýšené koncentrace nebezpečných plynů a tím ohrožení dělníka v dole.



Obrázek 10 Blokové schéma zvýšené koncentrace plynů

Studie dále pokračuje řešením bezdrátového přenosu dat, vyhodnocováním dat a testováním.

2.4 Závěry rešerší:

[1] Závěrem můžeme z grafů vyčíst, že díky těmto úpravám senzorů, se dokázalo získat téměř lineární průběhy v měření jednotlivých veličin. Tento poznatek o výrobních technologiích environmentálních senzorů nám může být prospěšný v budoucím výběru jednotlivých senzorů.

[2] Závěrem, tento článek může být velice přínosný pro celý projekt Smart helmy v inspiraci, jak navrhnout nízko energetický, a přesto plně efektivní systém. Dále je tento článek velice přínosný pro budoucí postup mého tématu, protože celý průběh článku je velice podobný s budoucím postupem mé práce. Proto mohu najít inspiraci ve výběru senzorů.

[3] Výsledkem celého projektu bylo zjištění, že systém by byl schopen monitorovat životní prostředí a tím i upozorňovat na špatné okolní podmínky. Nicméně tento článek byl především vybrat kvůli přínosu ohledně využitého senzoru DHT-22. Výsledky a poznatky proto můžeme využít ve výběrů senzorů.

[4] Tento článek je velice přínosný pro náš projekt chytré cyklistické helmy i přesto, že návrh systému v článku byl navržen pro helmy, kterou nosí horníci v dolech. Inspiraci můžeme najít nejen v návrhu bezdrátového systému, ale také ve výběru senzorů a veličin, které snímají.

[5] Tento projekt byl opět zaměřen na helmy týkající se těžkého průmyslu, nicméně se můžeme inspirovat návrhem systému, výběrem senzorů, řešením konstrukčních či software věcí. Nejvíce je přínosná část, kdy se řeší volba senzorů a parametry, které chtějí zaznamenávat. Dalším zajímavým bodem je řešení upozorňování na překročené limity hodnot.

2.5 Vlastní závěr:

Zpracováním této rešerše, jsem se dozvěděl a obohatil o mnoho důležitých informací v problematice měření environmentálních parametrů pro chytrou cyklistickou helmu. Některé zpracované články mi napověděly, na co a jak se zaměřit, v budoucím výběrů senzorů pro snímání environmentálních parametrů. Bohužel jsem se při hledání článku a publikací nesetkal s žádnou prací, která by se zabývala čistě aplikací environmentálních senzorů na cyklistickou helmu. V rešerši bylo zpracováno celkem 5 článků a jednotlivé závěry jsou uvedeny v kapitole závěry rešerší.

3 Teoretická část

3.1 Ovzduší

Vzdušný obal země se nazývá atmosféra, hovoří-li se však o ovzduší, jedná se o nejspodnější vrstvu atmosféry, tedy **troposféru**. Tato troposféra sahá do výšky 10 km a z chemického hlediska se rozděluje do následujících částí:

- suchá a čistá troposféra
- vodní pára
- aerosolové částice

Celkový objem vzduchu je asi $1 \cdot 10^{18} \text{ m}^3$, a většina škodlivých látek se nachází ve výšce do 2 km. Proces, při kterém se zanáší znečišťující látky (emise) do atmosféry, se nazývá **znečišťování ovzduší**. Stav, ukazující na přítomnost znečišťujících látek, které již jsou rozptýleny a pozměněny (imise), se nazývá **znečištění ovzduší**.

Znečištění ovzduší může být:

- a) Lokální – znečištění v lokalitě o rozloze 10^9 km^2 až 10 km^2
- b) Regionální – znečištění v oblasti o rozloze 10^2 km^2 až 10^3 km^2
- c) Globální – znečištění, vzniklé lidskou činností, které je dlouhodobé a stálé

Podle skupenství se znečišťovatele dělí na **tuhé a kapalně látky** – zde patří hlavně prachy a aerosoly a dále látky **plynné** – různé plyny a páry, které se do ovzduší dostávají přirozenou cestou, například jako důsledek fotochemických činností, vulkanické činnosti atd.

Podle chemického složení se znečišťovatele dělí na: sloučeniny síry, sloučeniny dusíku, sloučeniny kyslíku, sloučeniny uhlíku, sloučeniny halogenové a ostatní znečišťující látky.

Záchyt prachových částic

Při záchytu prachových částic z ovzduší nebo zdroje emisí, musíme uvažovat také s tím, že současně dojde k záchytu jemných kapiček těch látek, které jsou ve vzduchu přítomny v kapalném fázi. Obě tato skupenství se zahrnují do skupiny aerosolů, což je označení materiálu, které jsou v tuhém nebo kapalném skupenství přítomny v atmosféře nebo v proudu plynu. Jedním z možných způsobů měření koncentrace prachu v ovzduší je možnost prosévání vzduchu účinným čerpadlem přes filtr z vhodného materiálu (porézní polymerní membrány, skleněná vlákna, modifikovaná celulóza). Tyto filtry mají přesnou velikost pórů a je tedy možné vyhodnocovat velikost prosetých a zachycených částic. Ke zkoumání volného ovzduší (imise) se často používají konstruované sondy, kde jsou částice různé velikosti zachycovány soudnou s různou účinností, která závisí na rychlosti a směru větru vůči sondě. Sondy je možno konstruovat tak, aby odebírala prachové částice pouze do určité velikosti. K oddělení hrubých zrn prachu je možné zařadit filtr cyklon, který pomocí rotačního pohybu odstředí částice, které se následně usazují na bočních stěnách. Dále je možné zařadit tzv. impaktory, které současně se záchytem rozdělují prachové částice do frakcí různé velikosti.

3.2 Typy optických senzorů

Refraktometrické senzory využívají princip změny indexu lomu podle vnějšího podnětu (např. změna koncentrace nebo hustoty kapalných roztoků). Dále následují senzory s absorbancí a rozptylem světla. Při průchodu světelných paprsků kapalinou, která obsahuje jemně rozptýlené nerozpuštěné částice (suspenze, koloidní disperze, kal, řasy, mikroby, písek, jíl apod.), dochází k rozptylu světla do všech směrů. Intenzita procházejícího světla se zmenšuje v závislosti na koncentraci suspendovaných částic. Následnou koncentraci částic lze vyvodit dvojím způsobem a to, měřením světelného toku po průchodu prostředím, nebo měřením světelného toku, který je částicemi odražen kolmo nebo pod určitým úhlem.

3.3 Senzor teploty

Jako senzor teploty (též snímač teploty nebo čidlo teploty) se označuje funkční prvek, tvořící vstupní blok měřicího řetězce. Tento senzor je v přímém styku s měřeným prostředím. Podle fyzikálního principu měření se tyto senzory dělí na **odporové, termoelektrické, polovodičové s PN přechodem, dilatační, optické, radiační, chemické, šumové, akustické, magnetické** a další jako např. kapacitní senzory. Další dělení, podle styku s měřeným prostředím, je na **bezdotykové a dotykové**. Dále se senzory rozděluje podle transformace signálu, a to na **aktivní** (termoelektrické) a **pasivní** (s výjimkou chemických indikátorů teplot je zde nutné el. napájení).

3.3.1 Polovodičové odporové senzory teploty

Polovodičové odporové senzory teploty využívají teplotní závislost odporu. U těchto senzorů je dominantní závislost koncentrace nosičů náboje n na teplotě:

$$n = e^{-\frac{\Delta E}{2kT}},$$

kde:

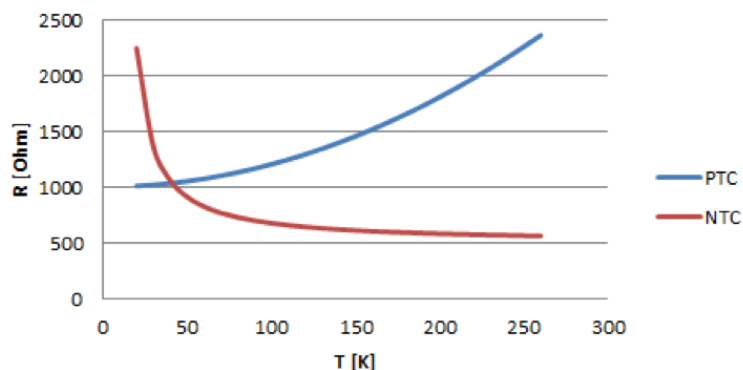
ΔE je šíře mezery mezi energetickými hladinami

k je Boltzmannova konstanta

Pro teplotní součinitel odporu platí

$$\alpha \approx \frac{\delta(\ln n)}{\delta T} \approx -\frac{\Delta E}{2kT^2}$$

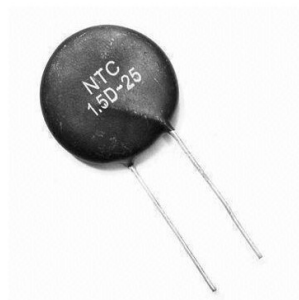
Polovodičové termistory se dělí na **negastory a pozistory**. Termistor je teplotně závislý odpor z polovodičových feroelektrických keramických materiálů. Výhodami termistoru jsou velká citlivost, malé rozměry, jednoduchý převod odporu na elektrický napětí či elektrický proud. Nevýhodou může být nelineární charakteristika. Podle struktury se termistory dělí na **amorfní a polykrystalické**. Pokud má termistor velký záporný teplotní součinitel, jde o **negastor** (NTC termistor). Pokud má termistor velký kladný teplotní součinitel, jde o **pozistor** (PTC termistor). Teplotní závislost termistoru je na obrázku.



Obrázek 11 Graf závislosti odporu na teplotě pro pozistor a negastor [20]

3.3.2 Negastory (NTC termistory)

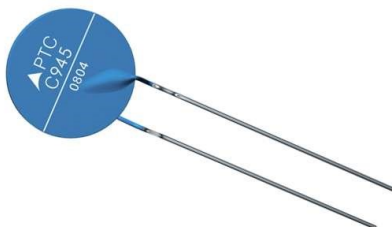
NTC termistory se vyrábějí práškovou technologií z kysličníků kovů (chrom, kobalt, měď, železo atd.) Tyto vylisované senzory se zpevňují následně slinováním za velmi vysokých teplot. Teplotní rozsah běžného negastoru je od -50°C do $+150^{\circ}\text{C}$. Při měření teploty jsou NTC termistory používanější než PTC termistory.



Obrázek 12 NTC termistor [7]

3.3.3 Pozistory (PTC termistory)

PTC termistory jsou termistory s kladným teplotním součinitelem odporu. Jsou vyráběny z polykrytalické feroelektrické keramiky. Odpor u těchto termistorů nejprve mírně klesá, ale od tzv. Curieovy teploty dochází u pozistorů ke strmému nárůstu rezistivity.



Obrázek 13 PTC termistor [8]

Jednotlivé varianty jak u PTC, tak u NTC termistorů se rozlišují podle odporu při teplotě 25°C . Velmi oblíbeným PTC termistorem je platinová PT100 s odporem 100Ω při 25°C . U NTC jsou nejčastější hodnoty odporu $10\text{k}\Omega$ a $100\text{k}\Omega$ při 25°C .

3.4 Vlhkost ovzduší

3.4.1 Absolutní vlhkost:

Absolutní vlhkost vzduchu (též hustota vodní páry nebo měrná hmotnost vodní páry) vyjadřuje hmotnost vodní páry obsažené v jednotce objemu vzduchu. V meteorologii se vyjadřuje nejčastěji v gramech vodní páry na metr krychlový vzduchu.

Je-li m hmotnost vodní páry v daném objemu V , pak absolutní vlhkost vzduchu lze vyjádřit jako

$$\Phi = \frac{m}{V} [g \cdot m^{-3}]$$

3.4.2 Relativní vlhkost:

Pokud se mluví o vlhkosti vzduchu, rozlišuje se mezi relativní a absolutní vlhkostí. Při rozdílných hodnotách teploty může vzduch přijmout různá množství vlhkosti. Přitom zásadně platí, že čím vyšší je teplota, tím více vlhkosti může přijmout. Navíc existuje při každé teplotě určitý bod, při kterém už vzduch nemůže přijímat vlhkost. Tento bod se nazývá bod nasycení nebo rosný bod. Od tohoto bodu se začíná tvořit kondenzát. Relativní vlhkost vzduchu udává poměr mezi okamžitým množstvím vodních par ve vzduchu a množstvím par, které by měl vzduch o stejném tlaku a teplotě při plném nasycení. Udává se v procentech (%). Relativní vlhkost se též někdy označuje jako poměrná vlhkost. Je-li m hmotnost vodní páry, která je ve vzduchu obsažena, a M hmotnost vodní páry, kterou by obsahoval stejný objem vzduchu, kdyby byl při stejné teplotě a tlaku vodními parami nasycen, pak lze relativní vlhkost vzduchu vyjádřit jako

$$\varnothing = 100 \frac{m}{M} [\%]$$

Tento vztah lze s pomocí výrazu pro absolutní vlhkost vzduchu přepsat ve tvaru

$$\varnothing = 100 \frac{\Phi}{\Phi_n} [\%]$$

Kde Φ označuje absolutní vlhkost vzduchu nasyceného vodními parami.

3.4.3 Odporové senzory vlhkosti

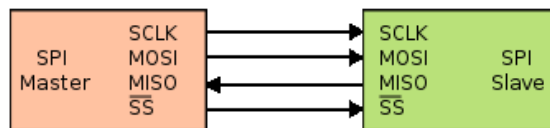
slouží pro konstrukci snímačů vlhkosti u pevných látek a u plynů. Změna elektrického odporu se výrazně mění podle vlhkosti materiálu. U pevných nebo sypkých látek působí vlhkost na senzor podle vztahu:

$$R = \frac{K_{\varphi}}{\varphi^n} [\Omega]$$

kde je K_{φ} konstanta senzoru závislá na materiálu, obsahu elektrolytických a velikosti elektrod, φ^n relativní vlhkost materiálu, n mocnitel závislý na struktuře a druhu materiálu ($n=8\dots10$). Konstrukce senzoru pro pevné materiály je vytvořena elektrodami, které se zasunou do materiálu nebo se materiál přiloží na elektrody. Elektrody jsou z nerez oceli ve tvaru jehel, ploch nebo válců. Napájení senzoru je střídavým proudem, aby se eliminovala polarizace. Odpor senzoru je také silně závislý na teplotě. Proto senzor vlhkosti je nutno doplnit senzorem teploty a při vyhodnocení použít kompenzace. Odporové senzory vlhkosti lze s výhodou použít pro snímání vlhkosti u dřeva, obilí, textilu. Pro měření vlhkosti plynů je konstrukce vytvořena elektrodami vnořenými do nosného materiálu nasyceného hygroskopickou solí nebo kyselinou. Používá se chlorid lithia, bromid lithia, chlorid zinečnatý, kyselina sírová. Tato soustava je umístěna na podložce. Napájení senzoru je opět střídavým napětím. Teplotní kompenzace se řeší paralelním shodným elektrodovým systémem umístěným v prostředí s konstantní vlhkostí. Senzor má malou časovou konstantu a pro měření potřebuje malý objem plynu. Citlivá vrstva musí být chráněna filtrem plynu. Elektrolytické odporové senzory jsou založeny na fyzikálním principu změny elektrického odporu vlivem změn koncentrace iontů vzniklých disociací. Takové senzory jsou použity při měření koncentrace vodných roztoků solí a kyselin, při měření vlhkosti vzduchu hygrometrickou metodou ap.

3.4.4 SPI (Serial Peripheral Interface)

Je sériově periferní rozhraní, které se používá ke komunikaci mezi řídicími mikroprocesory a jinými integrovanými obvody, jako například A/D převodníky, paměti, displeje atd. Komunikace je realizována pomocí společných sběrnic a adresace se provádí pomocí vodičů, které při logické nule aktivují vysílání a příjem daného zařízení. Výběr komunikace je zprostředkován pomocí pinů SS (Slave Select) nebo CS (Chip Select). Zařízení na sériové SPI sběrnici se dělí na Master a Slave. Master řídí komunikaci pomocí hodinového signálu a určuje, se kterým zařízením bude komunikovat přes SS nebo SC. Slave je podřízené zařízení, které je řízeno Masterem a vysílá svá data.

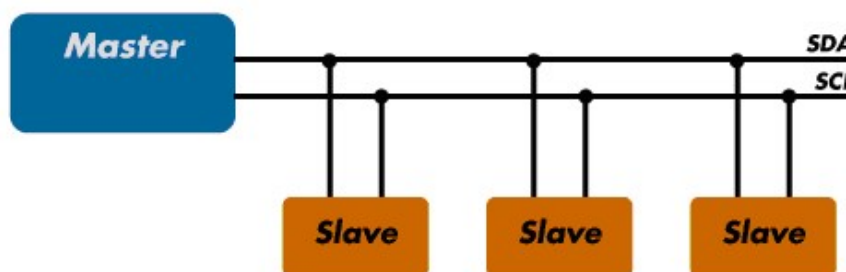


Obrázek 14 Sběrnice SPI [16]

Na Obrázek 14 je znázorněno schéma komunikace mezi zařízeními Master a Slave. Komunikace probíhá tak, že Master nastaví hodnotu logické 0 na zařízení, se kterým chce komunikovat. Poté začne generovat hodinový signál (SCLK) a zařízení (Master a Slave) vyšlou svá data. MOSI (Master Out, Slave In) je vždy Master výstup – Slave vstup a MISO (Master In, Slave Out) je Master vstup – Slave výstup. Takto může trvat nepřetržitě, pokud na SS je logická 0. V případě, že Master nastaví na SS logickou 1, komunikace skončí. [19]

3.4.5 I²C

Sběrnice I²C je dvou vodičové datové propojení mezi jedním nebo několika procesory (Masters) a speciálními periferními součástkami (Slaves). Všechny součástky jsou připojeny na stejnou sběrnici a výběr mezi součástkami je řízen pomocí jejich adres. Sběrnice I²C používá sériovou datovou linku SDA a linku hodinového signálu SCL. Obě tyto linky se dají použít jako obousměrné. V I²C je předem definováno mnoho situací, které každému účastníkovi umožňují rozeznat začátek a konec přenosu. Klidový stav nastane v případě, že SDA i SCL jsou na vysoké úrovni (HIGH) a tím neaktivní, dále podmínka startu nastane, když SDA je masterem stažena na nízkou úroveň (LOW), zatímco SCL zůstává na úrovni HIGH. Podmínka stopu nastane v případě, že SDA přejde z LOW na HIGH a SCL zůstává na úrovni HIGH. Přenos dat probíhá principem, že příslušný vysílač přivede na datovou linku SDA osm bitů, které jsou hodinovými impulsy na lince SCL vysílanými masterem posouvány dále. Přenos začíná vždy bitem s největší vahou. Potvrzení nastává tak, že příslušný přijímač potvrzuje příjem bytu nízkou úrovní na SDA, dokud master nevyšle devátý hodinový impuls na SCL. [18]



Obrázek 15 Komunikace po I2C [17]

4 Praktická část

Na základě zadání a požadavků bakalářské práce bylo primárním cílem vhodný výběr parametrů a senzorů pro snímání environmentálních parametrů. První parametr, který byl zvolen byla teplota. Teplota vnější okolí, ve kterém cyklista vykonává svou fyzickou činnost a teplota uvnitř cyklistické helmy. Teplota, která bude měřena uvnitř cyklistické helmy bude snímána pomocí dvou teplotních senzorů, a to z důvodů, že může být srovnávána teplota na různých místech hlavy. Teplota okolí by mohla být pro uživatele přínosná, aby měl přehled o kontinuální teplotě prostředí, ve kterém se pohyboval během své fyzické aktivity. Dále je možnost srovnávat míru výkonnosti uživatele chytré cyklistické helmy v závislosti na teplotě okolí. Snímání teploty uvnitř helmy by mohlo být přínosné spíše pro vývojový tým, který realizuje koncept chytré cyklistické helmy. Během testování vnitřní teploty je možné získat informace o tom, které části hlavy produkují největší míru tepla. Tyto poznatky mohou být nápomocné v budoucím rozmístění elektronických komponentů uvnitř chytré cyklistické helmy, a to z důvodů, aby nedošlo například k přehřívání, špatné funkčnosti a zkreslování těchto vnitřních komponent.

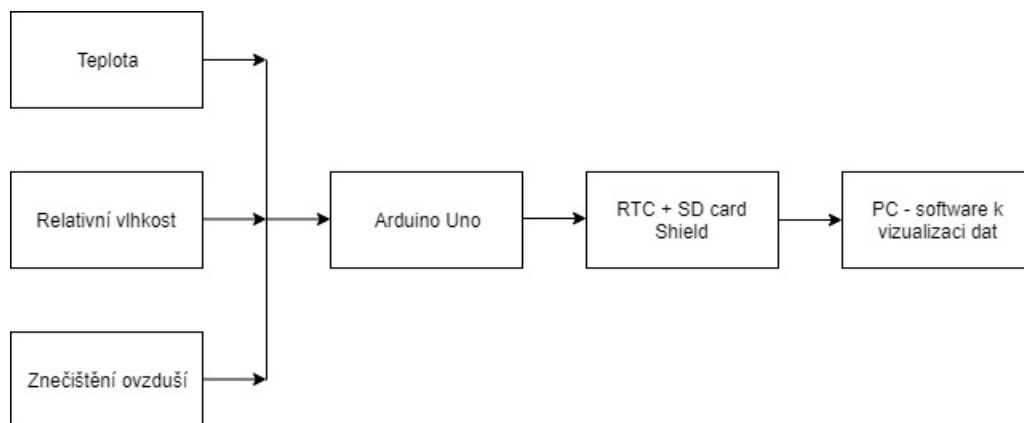
Druhým zvoleným měřeným parametrem okolního prostředí je relativní vlhkost ovzduší. Jelikož v dnešní době je velice obvyklé, že u senzorů teplot je současně zabudovaný také senzor vlhkosti, tak by toto skloubení dvou veličin mohlo být velice prospěšné. Spojení těchto dvou parametrů v jeden senzor, bude využito u snímání parametrů uvnitř chytré cyklistické helmy. Prvoplánově není snímání vlhkosti až tak přínosné pro uživatele, ale spíše pro vývojový tým. Sledování vlhkosti uvnitř helmy, může poskytovat informace například o tom, zda je helma dostatečně izolovaná proti vlhku. Vlhkost a pronikání kapalin dovnitř helmy, by mohlo mít za následek poškození, zkratování nebo špatnou funkci jakéhokoliv elektronického zařízení chytré cyklistické helmy. V dalším případě, pokud bude snímána relativní vlhkost uvnitř chytré cyklistické helmy na dvou různých místech, tak pomocí naměřených dat by mohlo být možné vyhodnocovat míru potivosti uživatele chytré cyklistické helmy. Tento údaj by mohl být pro potenciálního uživatele velmi přínosný, jelikož by mohl například vyhodnocovat, jak náročnou fyzickou aktivitu vykonával, jaká je jeho fyzická zdatnost nebo jak se jeho fyzická zdatnost zlepšuje. Celý tento proces získávání dat o relativní vlhkosti a tím zhodnocení míry potivosti je realizovatelný jen v případě, že vlhkost, které se dostane k senzoru bude pouze z pokožky hlavy, a ne z jiných zdrojů. Poté je možné celý tento proces realizovat.

Posledním zvoleným parametrem je míra znečištění ovzduší. V dnešní době, kdy se lidé při sportovních aktivitách zajímají o to, aby výkon byl co nejefektivnější je přínosné znát míru znečištění ovzduší, ve kterém je fyzická aktivita vykonávána. Pomocí senzoru kvality ovzduší a dat, které tento senzor naměří, bude možné vyhodnotit či porovnávat kvality ovzduší na nejrůznějších místech. Díky těmto údajům bude možné zhodnotit, které místo je pro podávání fyzického výkonu vyhovující a které naopak není.

Všechny zvolené senzory vybraných environmentálních parametrů jsou při připojení k zařízení Arduino UNO, které slouží jako náhrada mikroprocesoru, který bude realizován v chytré cyklistické helmě. Arduino UNO dokáže pojmou více senzorů najednou a synchronně vyhodnocovat nasnímaná data. Dále k Arduino UNO bude připojen shield modul s RTC (hodiny reálného času), pomocí tohoto RTC je možné ke každé naměřené hodnotě přiřadit časové razítko, pro možnost vyhodnocení dat v čase a lépe se tak orientovat v naměřených datech. Součástí tohoto shield modulu je slot pro připojení SD karty, na kterou je možné naměřená data zaznamenávat.

Po naměření dat ze senzorů a následujícím uloží s časovým razítkem na SD kartu, je možné připojit tuto kartu k PC na kterém je realizován software k vizualizaci naměřených dat.

Na základě zvolených environmentálních parametrů a použití zařízení Arduino UNO společně se shield modulem, a postupným vyhodnocováním naměřených dat v softwaru je stanoven návrh na řešení bakalářské práce, který je vyobrazen na Obrázek 16. Tento návrh je zobrazen ve formě blokového schématu.



Obrázek 16 Blokové Schéma řešení bakalářské práce

Po stanovení návrhu na řešení bakalářské práce, následuje výběr vhodných senzorů pro měření enviromentálních parametrů.

Na základě zvolených veličin pro monitorování environmentálních parametrů pro chytrou cyklistickou helmu, byly zvoleny kritéria pro výběr vhodných senzorů.

Základní kritéria byly:

- napájecí napětí ± 5 V,
- vhodný rozměr pro užití v chytré cyklistické helmě,
- co nejmenší odebíraný proud
- co nejmenší finanční náročnost.

Následně po určení parametrů a základních kritérií pro výběr senzorů, následoval průzkum trhu za účelem výběru ideálních senzorů.

Po průzkumu trhu byla vytvořena tabulka v programu EXCEL 2016, která přehledně srovnává jednotlivé druhy senzorů (Tabulka 1 a Tabulka 2). Červeně znázorněné senzory v tabulkách značí senzory, které byly vybrány.

Byly vybrány na základě srovnání senzorů 3 následující senzory: SHT15 (senzor pro měření teploty a vlhkosti), DS18B20 (senzor pro měření teploty) a 01020012 Grove dust sensor (senzor pro měření prachu). Senzor SHT15 byl při realizaci bakalářské práce využit 2x, aby bylo možné snímat hodnoty na dvou různých místech uvnitř cyklistické helmy.

Tabulka 1 Teplotní senzory

Typ	Rozhraní	Rozsah (°C)	Přesnost (°C)	Napájecí napětí (V)	Odebíraný proud (μA)	Velikost (mm x mm)
LM20	Analog	od -55 do 130	1,5 až 4	2,4 až 5,5	10	2,00 x 1,25
LM94021	Analog	od -55 do 150	1,5	1,5 až 5,5	12	2 x 2,1
LM335A	Analog	od -40 do 100	1 až 3	2,92 až 3,04	5	4,9 x 3,91
LM45	Analog	od -20 do 100	0,5	4 až 10	>120	1,3 x 2,92
DS18B20	One Wire	od -55 do 125	0,5	3 až 5,5	5	5x15x5
DHT22	I2C	od -40 do 80	0,5	3 až 5	2,5	27 x 59 x 13,5
SHT15	I2C	od -40 do 123	0,5	2,4 až 5,5	1,5 / 1 mA	7,47 x 4,44
AM2302	Digital	od -40 do 80	0,5	3 až 5	2,5	27 x 59 x 13,5

Tabulka 2 Senzory ovzduší

Typ	Napájecí napětí (V)	Snímané parametry ovzduší	Velikost (mm)
Grove – Air Quality Sensor v1.3	3,3 nebo 5	Plyny, carbony, alckoholy, acetony, formaldehydy	40 x 20 x 15
T6713-6H	4,5 až 5,5	CO2	30 x 15,6 x 8,6
101020012 - Grove dust sensor	4,75 až 5,25	Detekce prachu	59 x 45 x 22
GP2Y1010AU0F (Optický senzor prachu)	od 7V	Detekce prachu	46,0 x 30,0 x 17,6

Primárním důvodem proč byl vybrán senzor DS18B20 je ten, že tento teplotní senzor je vodotěsný a je možné ho použít na povrchu cyklistické helmy pro kontinuální měření teploty i v nepříznivých podmínkách, jako je například déšť. Dalším důvodem byl rozsah od -55 do 125 °C s přesností 0,5 °C, ve kterém tento senzor snímá. Poslední důležité parametry byly, odebíraný proud 5 μA a celkové rozměry tohoto senzoru. Senzor DS18B20 komunikuje pomocí One Wire komunikačního protokolu, což je speciální komunikační protokol navržen firmou Dallas instruments.

Senzor SHT15 byl vybrán z důvodů, že tento senzor měří nejen teplotu, ale také relativní vlhkost, což byl druhý zvolený environmentální parametr. Výhody tohoto senzoru jsou měřící rozsah od -40 °C do 123 °C s přesností 0,5 °C. tento senzor disponuje velice malým rozměrem, což je ideální pro užití uvnitř cyklistické helmy. Senzor SHT15 komunikuje pomocí I2C komunikačního protokolu.

Posledním zvoleným 01020012 Grove Dust sensor byl zvolen z důvodů, že snímá koncentraci prachu v ovzduší, což je parametr, který by mohl být uživatelsky přínosnou informací. A jako jediný nejlépe splňoval požadavky na výběr senzorů. Rozměry tohoto senzoru jsou poněkud větší, ale v případě správného uložení na cyklistické helmě, by to nemusel být negativní aspekt.

4.1 Snímač teploty a vlhkosti

SHT15 je snímač teploty a vlhkosti. Senzor integruje snímací prvek plus zpracovávaná signál na malé ploše a nabízí plně kalibrovaný digitální výstup. Unikátní prvek kapacitního senzoru je použit pro měření relativní vlhkosti, zatímco teplota je měřena snímačem s páskovým otvorem. Použitá technologie CMOSens® garantuje vynikající spolehlivost a dlouhodobou stabilitu. Senzor je plynule spojeny se 14bitovým analogově-digitálním převodníkem a obvodem sériového rozhraní. Toto zajišťuje vynikající kvalitu signálu, rychlou dobu odezvy a necitlivost k externímu rušení (EMC).



Obrázek 17 Senzor SHT15 [9]

Senzor SHT15 snímá relativní vlhkost v rozsahu 0 až 100 % s přesností 4,5 % a teplotu v rozsahu od -40 °C do +123,8 °C s přesností 0,3 °C. Typ montáže senzoru je SMD/SMT, typ výstupu je digitální a typ rozhraní je seriálové. Rozlišení 12 a 14 bitů, provozní napájecí proud 28 μ A, napájecí napětí minimální 2,4 VDC maximální 5,5 VDC. Senzor komunikuje pomocí I2C protokolu. Cena tohoto senzoru se pohybuje okolo 600 Kč.

4.2 Senzor teploty

Teplotní senzor DS18B20 od firmy Maxim (dříve Dallas). Výhodou je možnost zakoupit tento teplotní senzor jak v pouzdře TO-92, které se velikostí podobá obyčejným tranzistorům, tak i vodotěsnou variantu, kdy je senzor zataven v nerezové či silikonové tyčince.

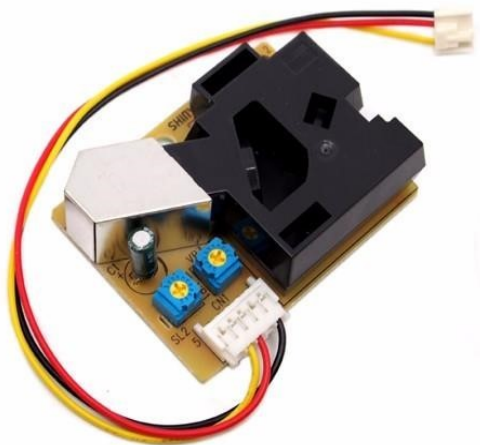


Obrázek 18 Senzor DS18B20 [10]

Senzor DS18B20 měří teplotu v rozsahu $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ s přesností $0,5^{\circ}\text{C}$. Výhodou tohoto senzoru je programovatelný výsledek snímané teploty od 9 do 12 bitů, což umožňuje zobrazovat výslednou teplotu až na 4 desetinná místa. Doba odezvy senzoru převodu teploty při 12 bitovém nastavení je menší než 750 ms. Napájecí napětí je minimálně 3,0V až 5,5V. Provozní odebíraný proud je $5\mu\text{A}$. Cena tohoto senzoru se pohybuje okolo 200 Kč.

4.3 Snímač koncentrace prachu v ovzduší

01020012 Grove Dust sensor poskytuje údaje o koncentraci prachu v ovzduší. Tento snímač byl vytvořen firmou Seed Studio. Minimální velikost detekce částic prachu se pohybuje okolo 1 μm . Hladina částic se měří počítáním doby nízkého impulsu v dané časové jednotce.



Obrázek 19 Grove Dust Sensor [11]

Snímač koncentrace prachu v ovzduší snímá koncentraci prachu v rozmezí od 0 do 28,000 částic na litr. Provozní teplota toho senzoru je od 0°C do 45°C v relativní vlhkosti do 95%. Napájecí napětí je minimálně 4,75V maximální 5,75V. Provozní odebíraný proud je 90 mA. Výstup senzoru je digitální a rozměry celého senzoru jsou 59x45x22 mm.

4.4 Arduino Uno:

Arduino Uno je mikrokontrolerová vývojová deska založená na ATmega328, což je mikrokontrolerový chip vyvinut firmou Atmel. Tento mikrokontrolér kombinuje 32 kB ISP flash paměti s funkcí čtení během zápisu, 1 kB EEPROM, 2 kB SRAM, 23 I/O linek, 32 registrů, sériově programovatelný USART, 2 kanálové sériové rozhraní, SPI sériový port, 6 kanálů 10-bit A/D převodník, programovatelný časovač s interním oscilátorem. Dále Arduino Uno obsahuje 14 digitálních vstupních / výstupních pinů (z toho může být 6 použito jako výstupy PWM), 6 analogových vstupů, 16 MHz krystal, připojení pomocí USB, napájecí konektor, ICSP rozhraní a resetovací tlačítko. Obsahuje vše potřebné k provozu mikrokontroléru. Pracovní napětí Arduino uno je 5V a vstupní napětí od 6V do 20V. Součástí Arduino Uno je krystal s frekvencí 16 MHz.



Obrázek 20 Arduino Uno [12]

4.5 Arduino Data Logger shield:

Shield je určený pro ukládání dat na SD kartu s podporou SD karet s FAT16 a FAT32 formáty, Shield obsahuje RTC – hodiny reálného času, které díky externí baterii můžou běžet i po odpojení Arduino Uno od zdroje napájení. RTC komunikuje pomocí I2C komunikačního protokolu, a k nastavení a vyzvedávání hodnot stačí shield modulu pouze dva analogové piny.

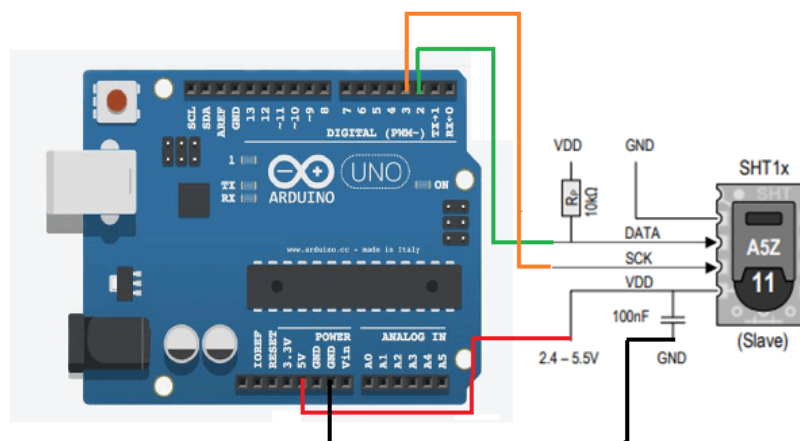


Obrázek 21 Data Logger Shield [13]

5 Realizace elektronického řešení

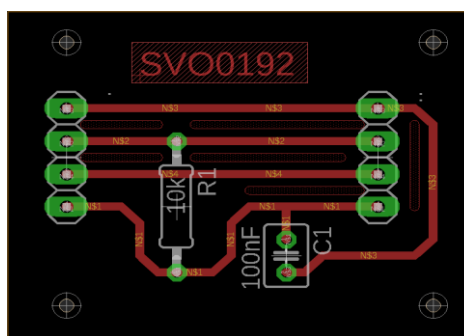
5.1 Snímač teploty a vlhkosti:

Po stanovení návrhu řešení bakalářské práce následovala realizace elektronického řešení senzorů. V datasheetu pro senzor SHT15, bylo nalezeno schéma pro ideální připojení daného senzoru k mikrokontroléru. Na Obrázek 22 můžeme vidět schéma zapojení snímače teploty a vlhkosti. Tento snímač je připojen k Arduino Uno.



Obrázek 22 Schéma zapojení senzoru SHT15 [14]

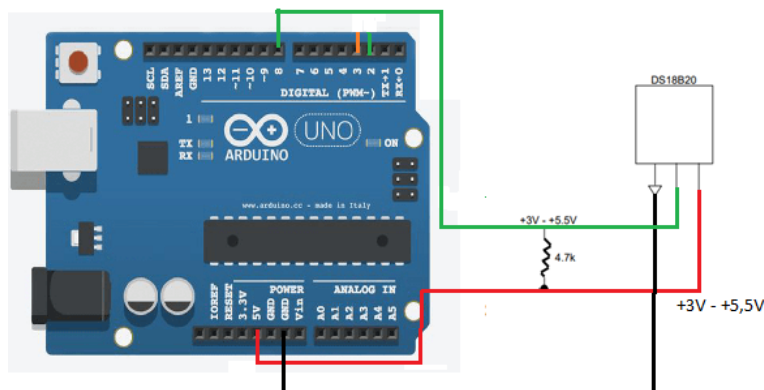
Pin číslo jedna senzoru SHT15 je připojen k pinu GND, linka číslo dva je připojen k digitálnímu pinu číslo 2, toto propojení bude sloužit k toku dat z a do senzoru SHT15. Zároveň k této větvi pro tok dat je připojen rezistor o velikosti 10 k Ω a tento rezistor je dále připojen k větvi číslo čtyři, která slouží pro připojení napájení. Tato větev je připojena k pinu 5 V. Větev číslo tři SCK (serial clock input) je připojen k digitálnímu pinu číslo 3 a slouží k synchronizaci komunikace mezi Arduinem Uno a senzorem SHT15. Dále k větvi z pinu číslo čtyři je připojen kondenzátor o velikosti 100nF, který je připojen k zemi (pin číslo 1).



Obrázek 23 Schéma navržené v prostředí EAGLE

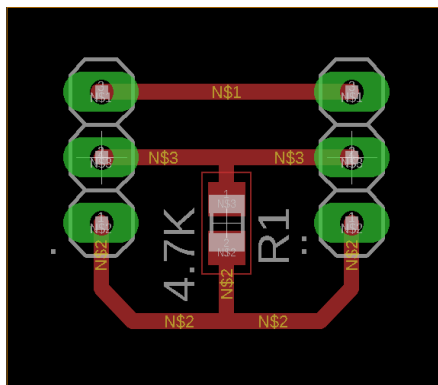
Na Obrázek 23 je vyobrazeno schéma navržené v prostředí Eagle. Deska je navržena tak, aby připojení senzoru SHT15 a mikrokontroleru proběhlo pomocí pinových řad, díky kterým je připojení velice snadné a praktické. Dále můžeme vidět rezistor s označením R1, který je připojen mezi druhou (datová) a čtvrtou (napájecí) větví. Kondenzátor C1 je připojen mezi čtvrtou (napájecí) a první (zemní) větví, vše tak, jak bylo zmíněno v datasheetu pro dané zapojení senzoru SHT15. Po realizaci návrhu DPS, proběhla výroba této desky a následní připojení snímače teploty a vlhkosti.

5.2 Senzor teploty:



Obrázek 24 Schéma zapojení senzoru DS18B20 [15]

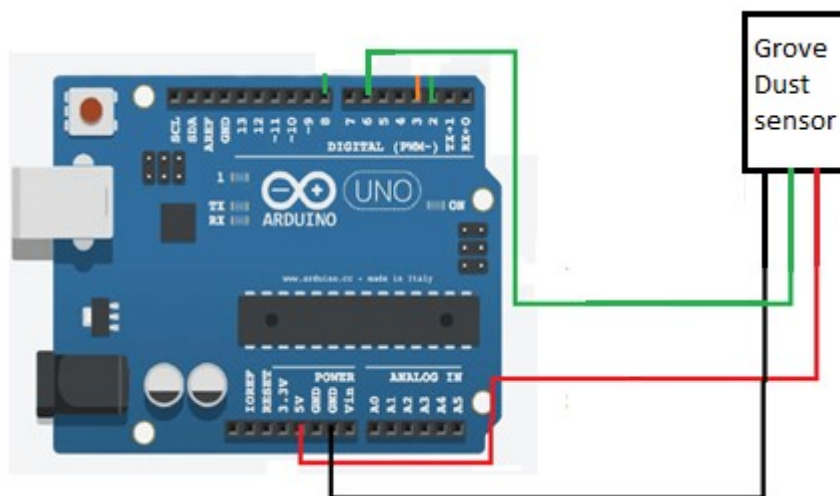
Na Obrázek 24 je zobrazeno schéma zapojení teplotního senzoru. Tento senzor má tři výstupy, pomocí kterých je připojen k Arduino Uno. Černá linka ze senzoru je připojena k pinu GND, bílá datová linka je připojena k digitálnímu pinu číslo 8 a červená napájecí linka je připojena k pinu 5 V. Mezi datovou a napájecí linku je nutné připojit tzv. pull up rezistor, který je prvek činného odporu, za jehož pomoci se na vodiči nesoucím informaci určuje logická hodnota v době, kdy není definována žádným zařízením. Hodnota pull up rezistoru se volí tak, aby elektrický proud, který teče ze zdroje nebyl příliš velký. Výsledkem je i snížení spotřeby celého zařízení.



Obrázek 25 Schéma navržené v prostředí EAGLE

Na Obrázek 25 je vyobrazeno schéma navržené v prostředí Eagle. Deska je navržena tak, aby připojení senzoru DS18B20 a mikrokontroleru proběhlo pomocí pinových řad, díky kterým je připojení velice snadné a praktické. Dále můžeme vidět rezistor s označením R1, který je připojen mezi druhou (datová) a třetí (napájecí) větví. Rezistor R1 je typu SMD, byl zvolen tento typ z důvodů rozměrů součástky a jejích parametrů. Vše je navrženo tak, jak bylo zmíněno v datasheetu pro dané zapojení senzoru DS18B20. Po realizaci návrhu DPS (desky plošných spojů), proběhla výroba této desky a následné připojení teplotního senzoru.

5.3 Senzor koncentrace prachu

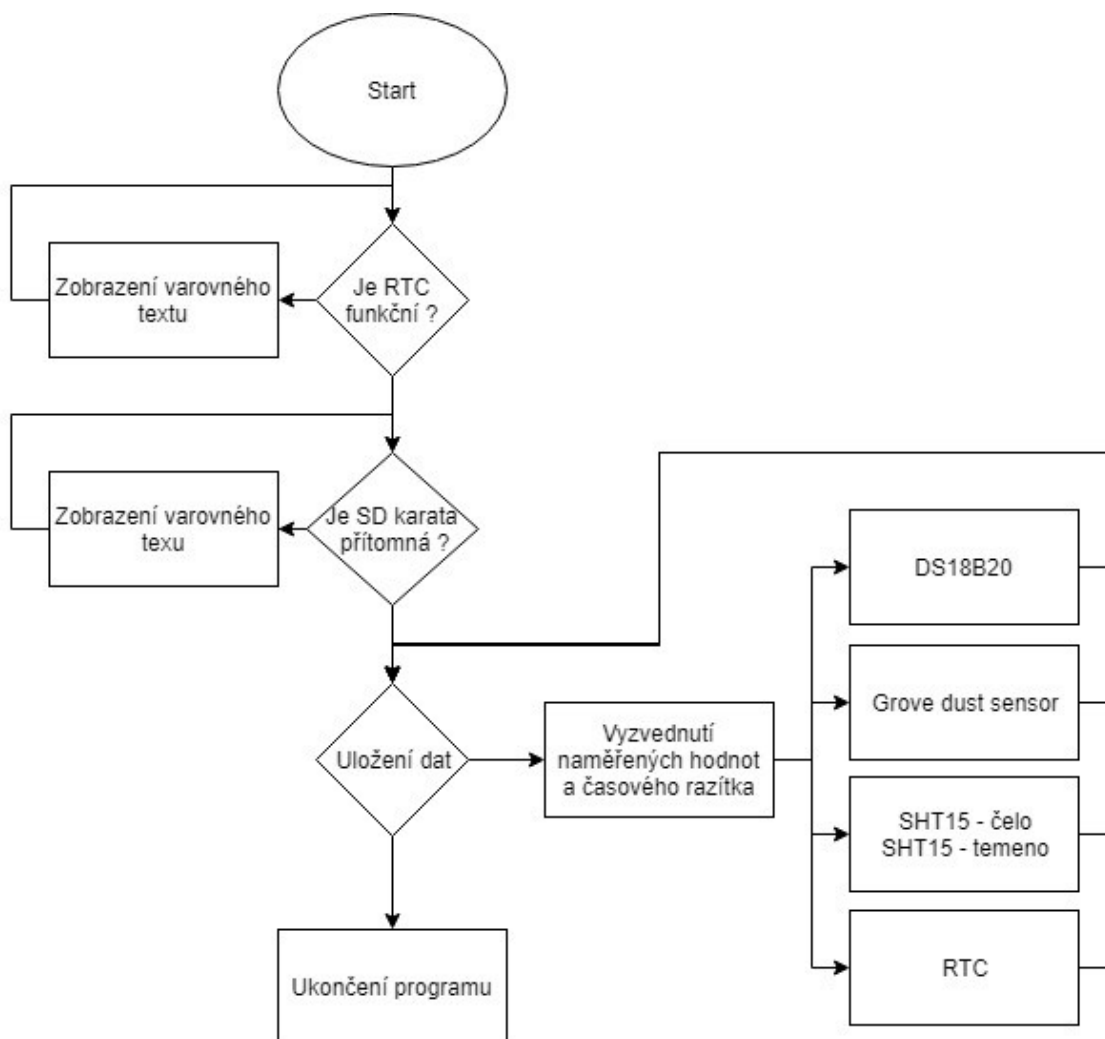


Obrázek 26 Schéma zapojení Grove dust sensor

Na Obrázek 26 je znázorněno schéma zapojení senzoru pro měření koncentrace prachu. Senzor je připojen k Arduino Uno. Levá černá linka ze senzoru je připojena k pinu GND, dále prostřední zelená linka, která slouží k přenosu dat je připojena k digitálnímu pinu číslo 6. Poslední pravá červená linka, která slouží k přívodu napájecího napětí, je připojena k pinu 5 V.

6 Software řešení:

Následujícím bodem, po dokončení elektronického řešení jednotlivých senzorů bylo naprogramování jednotlivých senzorů a komponent, aby senzory byly schopné zaznamenávat environmentální parametry a aby bylo možné ukládat naměřená data na paměťové médium společně s časovým razítkem. Na Obrázek 27 je vyobrazen funkční diagram naprogramovaných senzorů a ostatních komponent. Programování pro Arduino Uno proběhlo v prostředí Arduino IDE.



Obrázek 27 Schéma funkčního diagramu

```

#include <OneWire.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include "RTClib.h"

```

V kódu jsou popsány všechny knihovny, které je nutné zimplementovat v kódu. Knihovna OneWire.h slouží pro komunikaci se senzorem DS18B20, SPI.h a SD.h slouží ke komunikaci s SD kartou a Wire.h společně s RTClib.h slouží ke komunikaci RTC (hodin reálného času).

RTC:

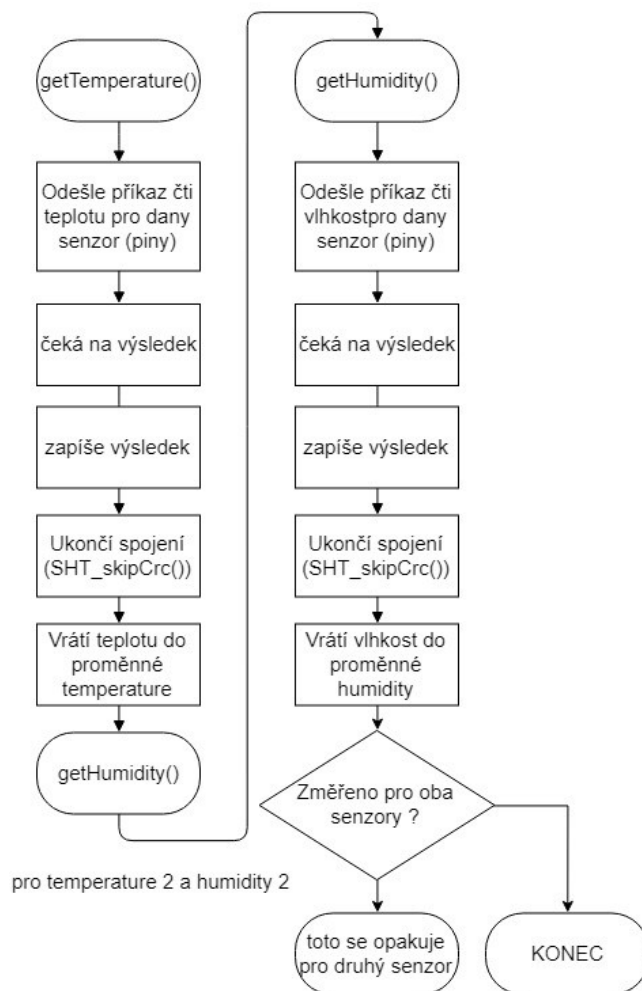
```

void setup(void) {
    Serial.begin(9600);
    Wire.begin();
    RTC.begin();

    if (! RTC.isrunning()) {
        Serial.println("RTC is NOT running!");
    }
}

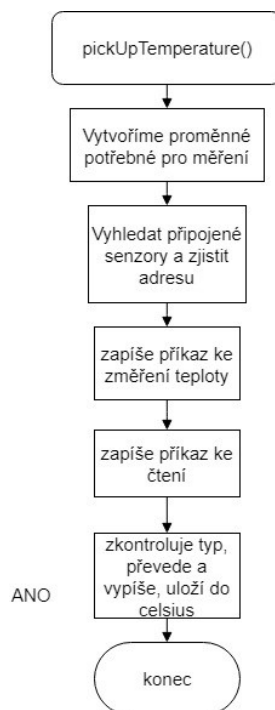
```

Tato část kódu, znázorňuje cyklus, který kontroluje zda RTC (hodiny reálného času) jsou funkční. V případě, že ano, tak program pokračuje do další části. V druhém případě, jestliže RTC není funkční dojde k vypsání varovné hlášky “ RTC is NOT running”. Části Serial.begin, Wire.begin, RTC.begin definují začátek jednotlivých funkčních komponent. Serial.begin spustí sériovou komunikaci na 9600 baudů, Wire.begin slouží k zahájení komunikace společně s RTC.begin s RTC (hodiny reálného času).



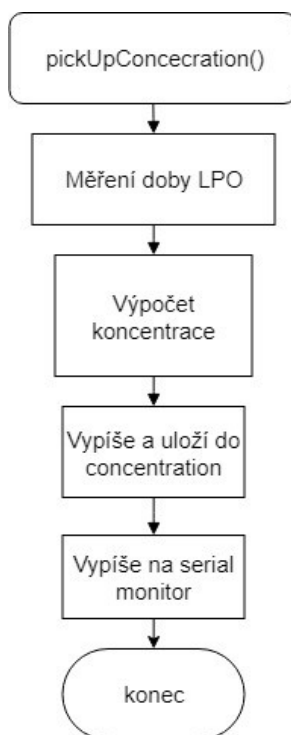
Obrázek 28 Vývojový diagram senzorů SHT15

Na Obrázek 28 je vyobrazen vývojový diagram pro senzory SHT15, který popisuje funkčnost kódu a jakým způsobem se získávají data ze dvou různých senzorů SHT15.



Obrázek 29 Vývojový diagram senzoru DS18B20

Na Obrázek 29 je vyobrazen vývojový diagram pro senzor DS18B20. Diagram popisuje strukturu kódu komunikace se senzorem.



Obrázek 30 Vývojový diagram snímače koncentrace prachu

Obrázek 30 zobrazuje vývojový diagram pro Grove Dust sensor. Vývojový diagram popisuje strukturu kódu pro komunikaci se snímačem.

```

void loop(){
  pickUpTemperature();
  pickUpConcecration();
  for(int b=0;b<2;b++){
    SHT_clockPin=clcPin[b];
    SHT_dataPin=dtPin[b];
    pickUpData(b);
    now = RTC.now();
  }
  dataFile = SD.open("Data.txt", FILE_WRITE
  if (dataFile) {
    dataFile.print(temperature);
    dataFile.print("          ");
    dataFile.print(humidity);
    dataFile.print("          ");
    dataFile.print(temperature2);
    dataFile.print("          ");
    dataFile.print(humidity2);
    dataFile.print("          ");
    dataFile.print(celsius);
    dataFile.print("          ");
    dataFile.print(concentration);
    dataFile.print("          ");
    dataFile.print(now.hour(),DEC);
    dataFile.print(":");
    dataFile.print(now.minute(),DEC);
    dataFile.print(":");
    dataFile.println(now.second(),DEC);
    dataFile.close();
    Serial.println("data stored");
  }
  else {
    Serial.println("error opening Data.txt");
  }
  delay(5000);
}

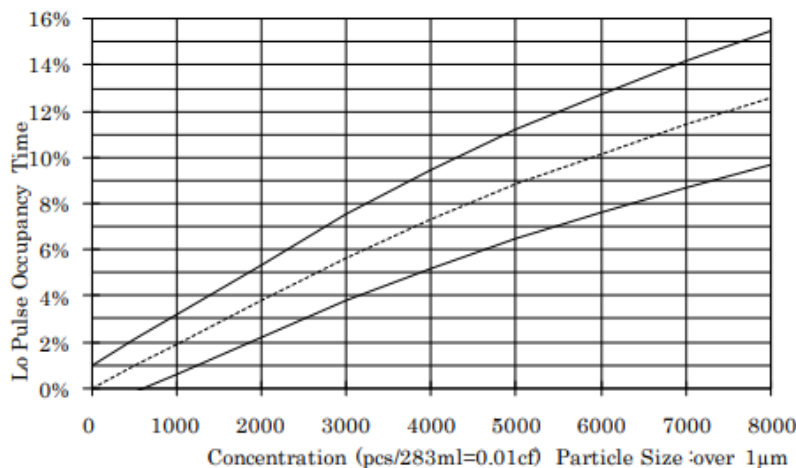
```

V tomto kódu je znázorněno, jak program postupuje v případě ukládání dat, které jsou naměřeny ze senzorů. V první řadě nastává kontrola, zdali je přítomná SD karta ve slotu na Shield data loggeru. Jestliže SD karta není přítomná, nebo je nějak poškozena, tak nastane výpis varovné hlášky. Pokud je

SD karta zkontrolována bez problému, nastane zápis dat. Nejprve dojde k otevření textového souboru na SD kartě, pokud soubor není přítomen, tak je vytvořen nový soubor. Následuje zapsání přesného aktuálního data, aby bylo možné rozpoznat, kdy byl prováděn záznam dat. Dále následuje zápis hodnot pomocí odkazování se na za definovanou proměnnou, společně s časovým razítkem z RTC. Jestliže záznam dat proběhl v pořádku, vypíše se na seriálový monitor hlášení “data stored”, jestliže se zápis nepodaří zobrazí se hlášení o chybě. Poslední řádek `delay(5000)` udává čas v ms a to stanovuje dobu mezi opakovaným zápisem dat na SD kartu. Vzorkovací frekvence pro snímání dat u jednotlivých senzorů, je stanovena na 1 sekundu. Frekvence ukládání dat může být tedy stanovena od 1 sekundu výše.

Kód pro komunikaci se senzorem DS18B20 je obsažen v příloze bakalářské práce. V první části se kontroluje každých 250 mili sekund, zdali je senzor přítomný. Následuje cyklus určení typu senzorů a podle tohoto údaje i nastavení komunikace. Dále je v tomto cyklu obsažen sběr dat a převod na hodnotu stupňů celsia. Po získání hodnoty teploty, následuje uložení hodnoty do proměnné s názvem `celsius`, na kterou se poté odkazuje funkce, která ukládá tuto hodnotu na SD kartu. Senzor DS18B20 může vracet hodnotu teploty ve velikosti od 9 do 12 bitů, což znamená, že při zvolení 12 bitové velikosti může senzor udávat teplotu s přesností na 4 desetinná místa.

Po získání hodnot ze senzoru DS18B20 následuje blok pro vyzvedávání hodnot z Grove Dust sensoru, který měří koncentraci prachu. Výsledná hodnota koncentrace prachu je získávána početní metodou, která se skládá ze tří částí – „`lowpulseoccupancy`“, „`ratio`“ a „`concentration`“. `Lowpulseoccupancy` reprezentuje Low Pulse Occupancy Time (tzv. LPO time), který je detekovaný během jedné periody měření. `Ratio` udává na jakou hodnotu se LPO time dostal během periody. A poslední `concentration` udává reálnou hodnotu koncentrace, která je vypočítána z grafu závislosti LPO time a `concentration`. Data z obou senzorů jsou uložena na SD kartu pod názvem `concentration` pro lepší spolupráci se softwarem na vyhodnocování dat.



Obrázek 31 Graf závislosti LPO time a concentration

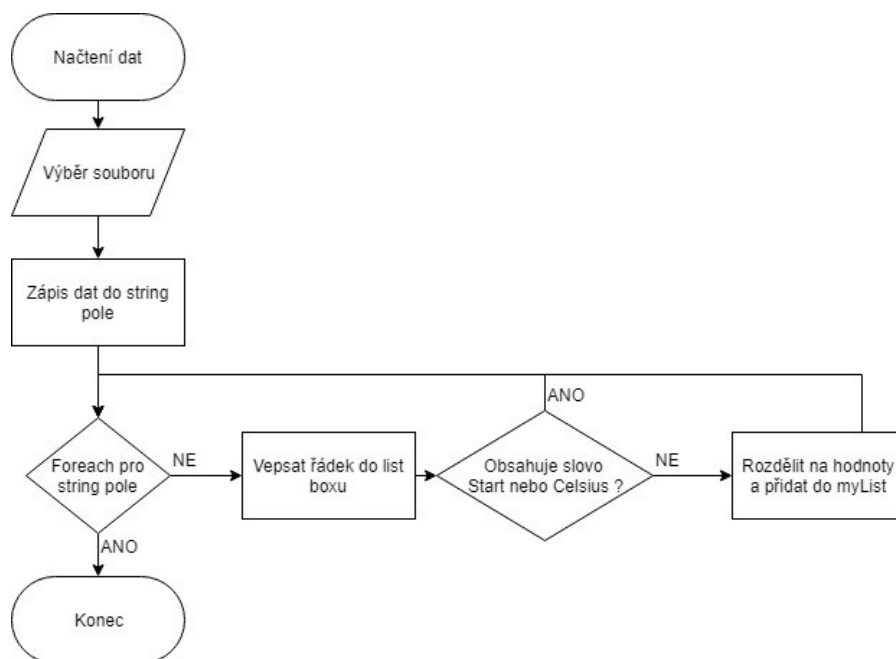
Kód pro komunikaci se senzory SHT15 je obsažen v příloze bakalářské práce. Pro správnou komunikaci bylo nutné zadefinovat knihovny, které budou použity pro funkčnost celého programu. `SPI.h` a `SD.h` slouží ke komunikaci s SD kartou a `Wire.h` společně s `RTClib.h` slouží ke komunikaci s RTC (hodin reálného času). Následovalo naprogramování hodin reálného času, což proběhlo stejně jako v případě kódu pro senzor DS18B20 a Grove Dust sensor. Kód (příloha B), který je přílohou bakalářské práce dále obsahuje popis funkcí převodu dat a získávání hodnot teploty a relativní vlhkosti z jednotlivých senzorů SHT15.

Byl vytvořen cyklus, pomocí něhož se odkazujeme na data snímaná z obou senzorů SHT15. Cyklus rozlišuje podle hodnot, které přichází z jednotlivých datových linek senzorů, které jsou připojeny k odlišným pinům na Aurduinu Uno. Cyklus ukládání dat zjistí hodnoty teplot a relativních vlhkostí pro každý senzor a zapíše je zvlášť pod názvem temperature, temperature2 a humidity, humidity2. Následuje připsání časového razítka a jestliže celý proces proběhne bez problému, ukáže se dialog “data stored”. V případě, že během tohoto procesu proběhlo něco neočekávaného, ukáže se upozorňující dialog. Kód, který je přílohou bakalářské práce dále obsahuje popis funkcí, převodu a získávání hodnot teploty a relativní vlhkosti z jednotlivých senzorů SHT15. Soubor s naměřenými daty se poté ukládá na SD kartu pod názvem temperature/humidity, tento název je zvolen pro budoucí snadnější spolupráci se softwarem na vyhodnocování dat.

Oživení senzorů připojených k Arduinu Uno probíhá přes PC jednotku, kde se provádí kompilace kódů. Po odpojení od PC je celý blok Arduina Uno společně se senzory napájen 9V baterií. Při celkové maximálním odebíraném proudu ze senzorů, který činí 93,5 mA (2x SHT15 – 2 mA, DS18B20 – 1,5 mA a Grove Dust sensor – 90 mA) a kapacitě 600 mAh u 9 V baterie, vychází ze vztahu $t = \frac{\text{kapacita baterie}}{\text{odebíraný proud}} [h]$, že v ideálním případě, by měla být výdrž baterie cca 6 hodin a 25 minut.

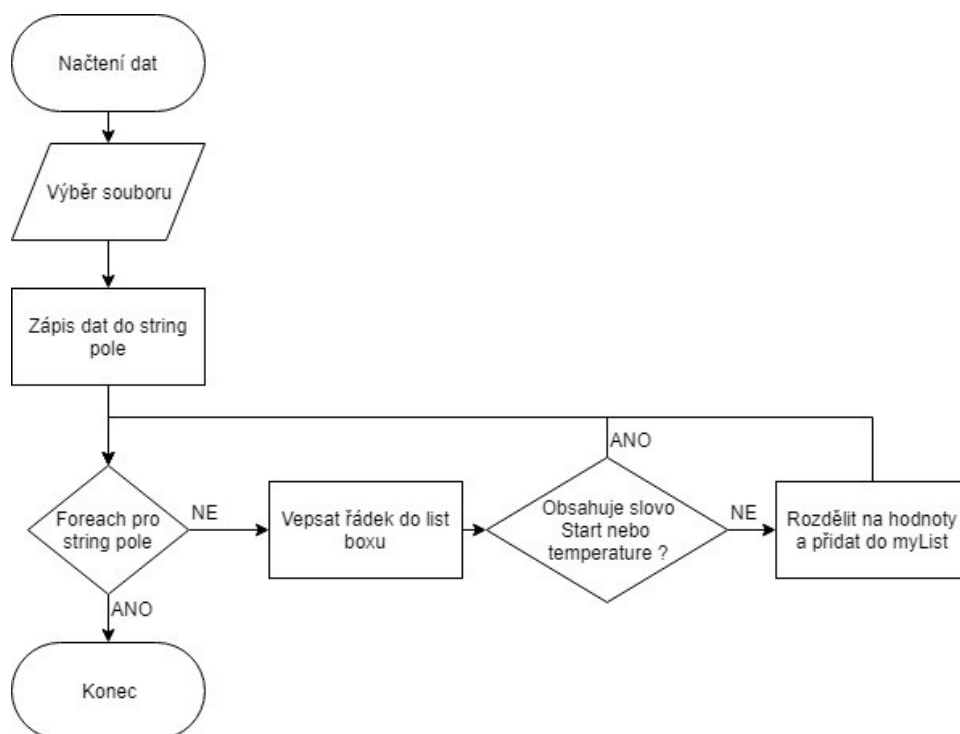
7 Software k vyhodnocení dat:

V rámci realizace bakalářské práce byl navržen a realizován software, který zobrazuje naměřená data z jednotlivých senzorů. Tento software byl navržen v prostředí Visual studio 2017 v programovacím jazyce c#. Celý software byl navržen jako windows form application.



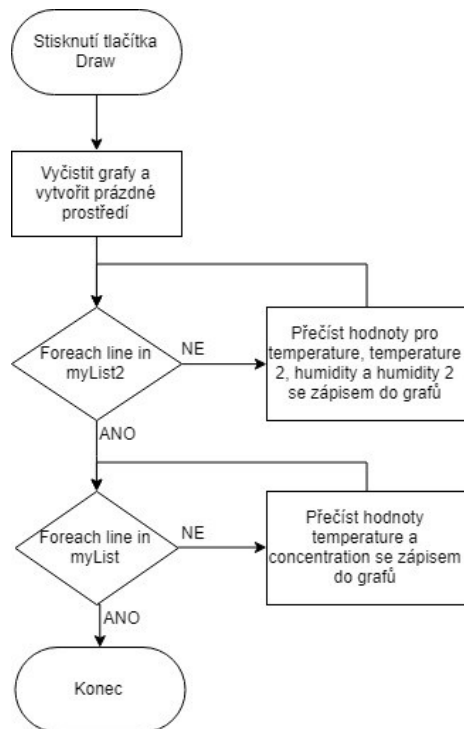
Obrázek 32 Vývojový diagram 1

Na Obrázek 32 je zobrazen vývojový diagram softwaru na vizualizaci naměřených dat. Ve vývojovém diagramu je popsána struktura načtení dat z textových souborů, na kterých jsou naměřená data z jednotlivých senzorů. Funkce, která je zde popisována je v kódu definována pod názvem `btnPath_Click` a definuje tak strukturu pro tlačítko k výběru textového souboru. Toto tlačítko slouží k výběru textového souboru s daty teploty okolního prostředí a koncentrace prachu v ovzduší. Průběh této funkce je, že se otevře okno s dialogem pro výběr vhodného souboru, který je následně otevřen. Po otevření souboru jsou přečteny všechny řádky, které jsou následně uloženy do string pole. Hodnoty jsou uloženy do string pole z důvodů, aby software mohl tato data vyzvednout a vykreslit je do jednotlivých grafů. Dále následuje cyklus `foreach`, který přečte všechny řádky souboru a eliminuje ty řádky, ve kterých se vyskytuje slovo „Start“ nebo „Celsius“ a to z toho důvodu, aby tyto textové řetězce nebyly uloženy do string pole, kde by způsobovaly chyby ve vykreslování grafů. Po skončení celého cyklu, funkce `btnPath_Click` končí.



Obrázek 33 Vývojový diagram 2

Obrázek 33 popisuje stejnou strukturu, jako vývojový diagram na obrázku 27. Avšak tato část kódu a její funkce je definovaná, jako `btnPath_Click2` a definuje tak strukturu pro druhé tlačítko k výběru textového souboru. Toto tlačítko slouží k výběru textového souboru s daty teploty a relativní vlhkosti ze senzorů SHT15. Průběh celé funkce je stejný jako u `btnPath_Click` s tím rozdílem, že funkce eliminuje řádky, ve kterých se vyskytuje slovo „Start“ nebo „temperature“.



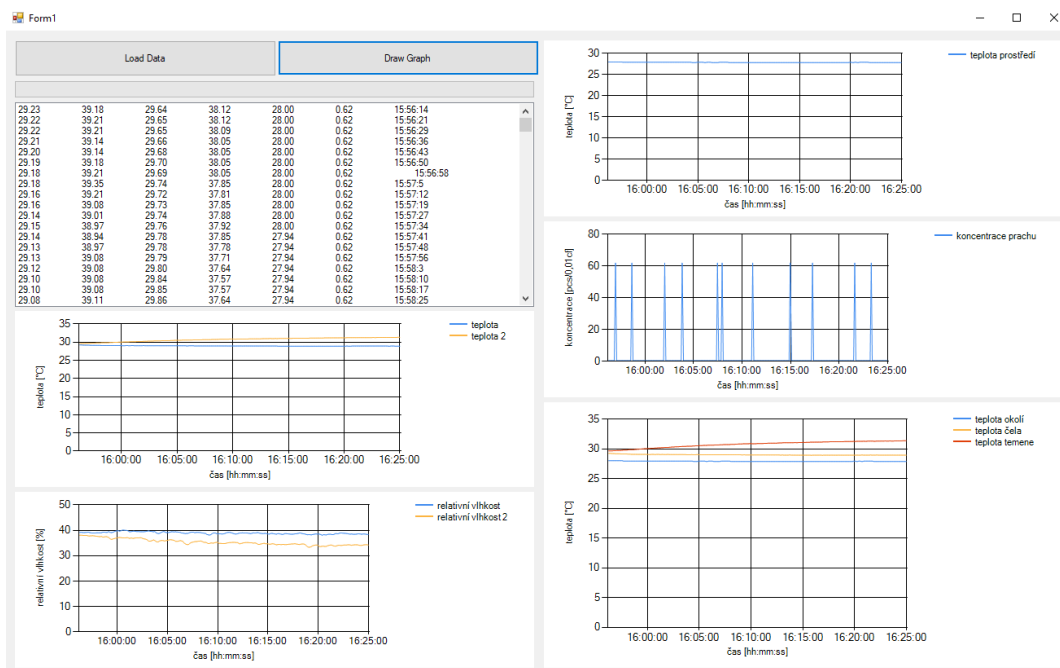
Obrázek 34 Vývojový diagram 3

Obrázek 34 popisuje druhý vývojový diagram, který znázorňuje strukturu kódu pro vykreslení jednotlivých grafů. Tato funkce je v kódu definována pod názvem `btnDraw_Click`. Funkce začíná vyčištěním všech grafů a vytvoří prázdné prostředí pro vykreslení grafů nových. Následuje cyklus `foreach`, který přečte jednotlivá data ze všech senzorů a vykreslí je do grafů. Grafy jsou vyobrazeny celkem 4. První graf zobrazuje teploty ze senzorů SHT15, které jsou definovány pod názvem `temperature` a `temperature2`. Druhý graf zobrazuje relativní vlhkosti ze senzorů SHT15, které jsou definovány pod názvem `humidity` a `humidity2`. Třetí graf zobrazuje teplotu ze senzoru DS18B20, která je definována pod názvem `Temperature`. Poslední čtvrtý graf zobrazuje koncentraci prachu v ovzduší, která je definována pod názvem `concentration`.

Poslední část kódu popisuje funkci `graphClear`, která slouží k vyčištění jednotlivých grafů. Dále tato funkce definuje jednotlivé osy grafů a určuje umístění dat na jednotlivé osy. Ve všech případech jsou na ose X vyneseny časová data a na osu Y jednotlivé nasnímané veličiny.

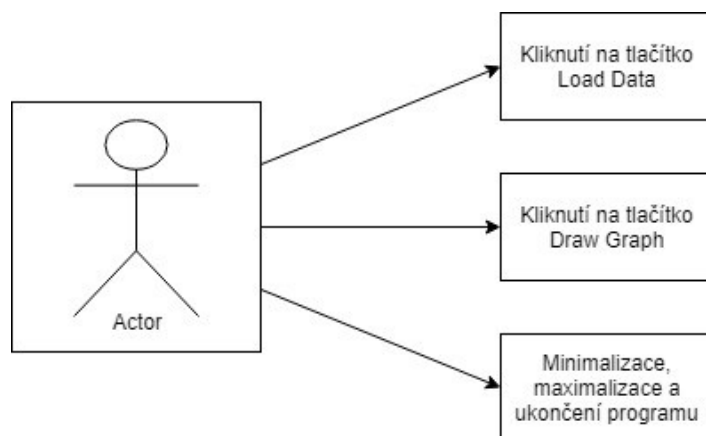
V příloze A je znázorněn celý zdrojový kód softwaru určený k vizualizaci naměřených dat.

7.1 Uživatelské rozhraní



Obrázek 35 GUI navrženého softwaru

Na Obrázek 35 je vyobrazeno grafické uživatelské rozhraní (GUI) celého softwaru na vizualizaci naměřených enviromentálních dat.



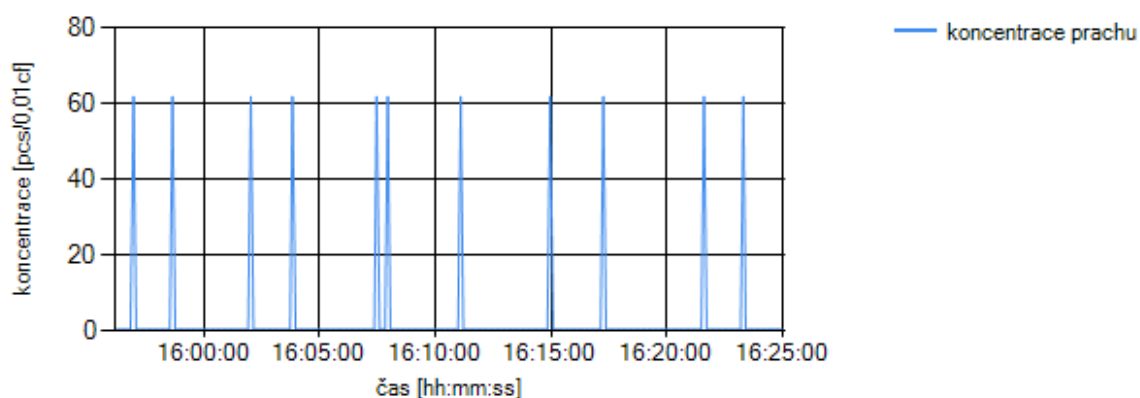
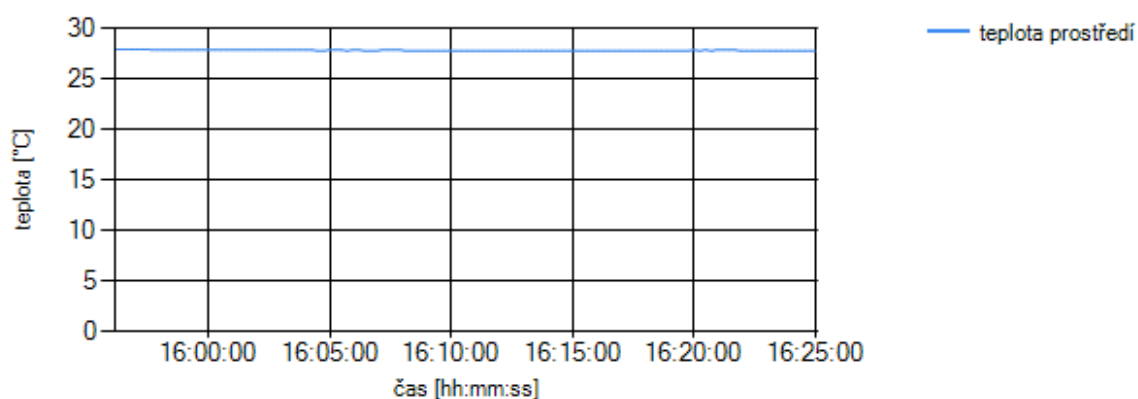
Obrázek 36 Use case diagram

Na Obrázek 36 je znázorněn Use case diagram, pro veškeré interakce, které může uživatel v softwaru na vizualizaci dat provést.

Load Data						Draw Graph	
29.23	39.18	29.64	38.12	28.00	0.62	15:56:14	
29.22	39.21	29.65	38.12	28.00	0.62	15:56:21	
29.22	39.21	29.65	38.09	28.00	0.62	15:56:29	
29.21	39.14	29.66	38.05	28.00	0.62	15:56:36	
29.20	39.14	29.68	38.05	28.00	0.62	15:56:43	
29.19	39.18	29.70	38.05	28.00	0.62	15:56:50	
29.18	39.21	29.69	38.05	28.00	0.62	15:56:58	
29.18	39.35	29.74	37.85	28.00	0.62	15:57:5	
29.16	39.21	29.72	37.81	28.00	0.62	15:57:12	
29.16	39.08	29.73	37.85	28.00	0.62	15:57:19	
29.14	39.01	29.74	37.88	28.00	0.62	15:57:27	
29.15	38.97	29.76	37.92	28.00	0.62	15:57:34	
29.14	38.94	29.78	37.85	27.94	0.62	15:57:41	
29.13	38.97	29.78	37.78	27.94	0.62	15:57:48	
29.13	39.08	29.79	37.71	27.94	0.62	15:57:56	
29.12	39.08	29.80	37.64	27.94	0.62	15:58:3	
29.10	39.08	29.84	37.57	27.94	0.62	15:58:10	
29.10	39.08	29.85	37.57	27.94	0.62	15:58:17	
29.08	39.11	29.86	37.64	27.94	0.62	15:58:25	

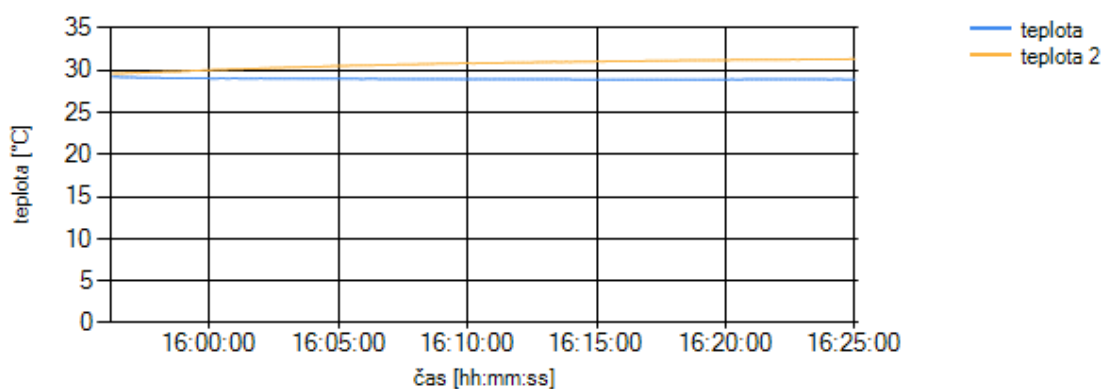
Obrázek 37 Část GUI navrženého softwaru

První blok programu je sestaven z dvojice tlačítek, ukazatele stavu a seznamu. Při interakci, uživatel vybere pomocí tlačítka Load Data textový soubor z SD karty. Při zvolení tohoto souboru, se data z textového souboru načtou do seznamu hodnot. Ukazatel stavu pod dvojicí tlačítek slouží, jako panel, pomocí něhož je možno vidět cestu ke zvolenému typu souboru. Po vybrání a importování dat z textových souborů, následuje interakce s tlačítkem Draw Graph, které zpustí vykreslování grafů. Po stisknutí tlačítka Draw Graf následuje vykreslení 5 grafů, které jsou vyobrazeny na následujících obrázcích.



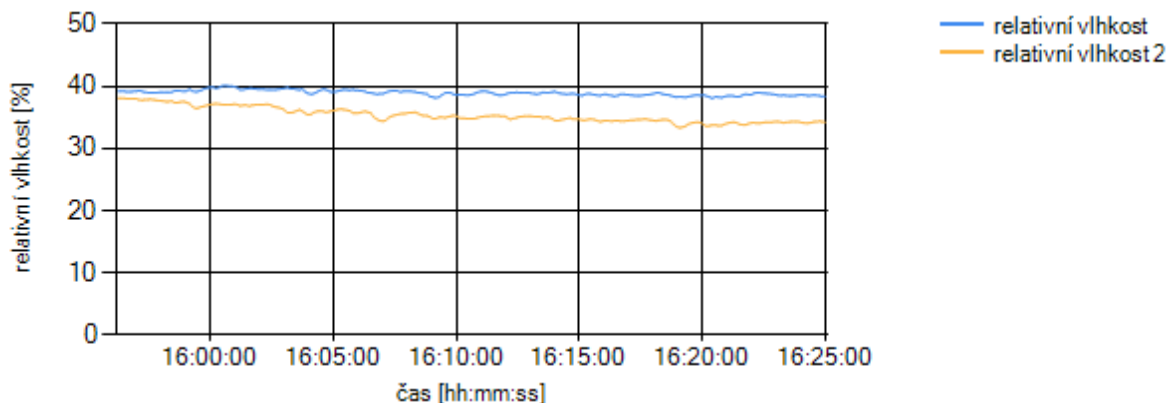
Obrázek 38 Graf 1 a 2 navrženého softwaru

Na Obrázek 38 jsou vyobrazeny 2 grafy. První s názvem „teplota prostředí“, který vyhodnocuje data ze senzoru DS18B20 a znázorňuje tím teplotu okolního prostředí v závislosti na čase. Druhý graf s názvem „koncentrace prachu“ vyobrazuje data ze senzoru Grove Dust sensor, který snímá koncentraci prachu v ovzduší. Graf tím vyobrazuje detekované částičky prachu v ovzduší v závislosti na čase.



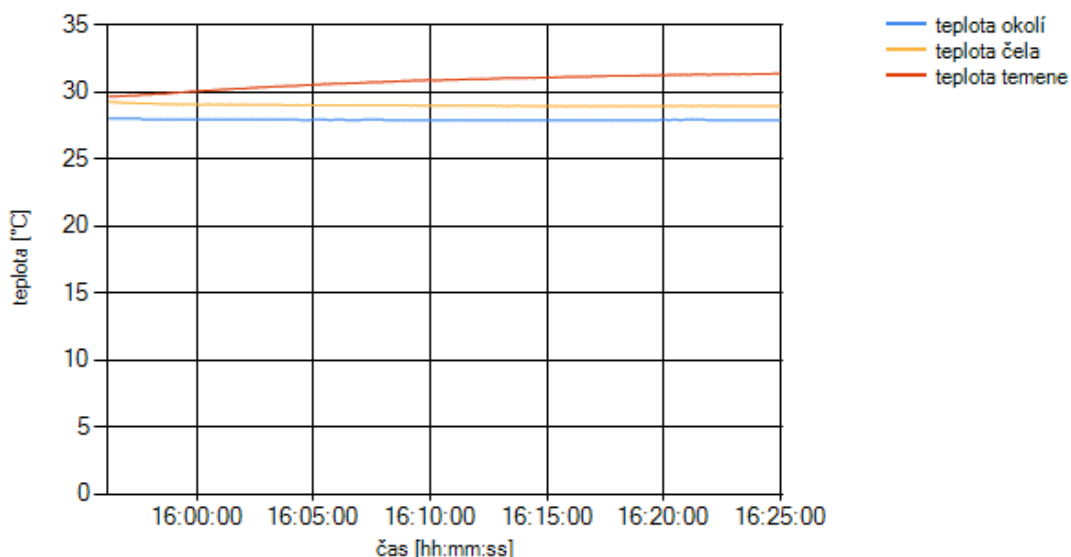
Obrázek 39 Graf 3 navrženého softwaru

Na Obrázek 39 je vyobrazen třetí graf, který vyobrazuje křivky teploty dvou senzorů SHT15. Jelikož cílem je zjistit rozdíl teplot v různých místech hlavy, jsou proto křivky obou senzorů vykresleny v jednom grafu. Graf tedy vyobrazuje teplotu uvnitř cyklistické helmy v závislosti na čase. Modrá křivka s názvem „teplota“ je křivka pro senzor SHT15, který je umístěn na čelní straně helmy. Žlutá křivka s názvem „teplota 2“ je křivka pro senzor SHT15, který je umístěn na temenní straně přilby.



Obrázek 40 Graf 4 navrženého softwaru

Na Obrázek 40 je vyobrazen čtvrtý graf, který vyobrazuje křivky relativních vlhkostí dvou senzorů SHT15. Jelikož cílem je zjistit rozdíl vlhkostí v různých místech hlavy, jsou proto křivky obou senzorů vykresleny v jednom grafu. Graf tedy vyobrazuje relativní vlhkost uvnitř chytré cyklistické helmy v závislosti na čase. Modrá křivka s názvem „relativní vlhkost“ je křivka pro senzor SHT15, který je umístěn na čelní straně helmy. Žlutá křivka s názvem „relativní vlhkost 2“ je křivka pro senzor SHT15, který je umístěn na temenní straně přilby.



Obrázek 41 Graf 5 navrženého prostředí

Na Obrázek 41 je vyobrazen poslední graf, který vykresluje 3 teplotní křivky ze všech teplotních senzorů. Je tak možné srovnat teploty uvnitř cyklistické helmy s teplotou okolního prostředí. Modrá křivka s názvem „teplota okolí“ vykresluje křivku pro teplotu vně cyklistické přilby, žlutá křivka s názvem „teplota čela“ vykresluje teplotu ze senzoru uvnitř cyklistické helmy a červená křivka s názvem „teplota temene“ vykresluje teplotu z místa nad temenem uvnitř helmy.

8 Testování v laboratoři s aplikací na chytré cyklistické helmě:

Po řešení elektronické a software stránky jednotlivých senzorů, následovalo provedení testování v laboratorním prostředí. V tomto testování proběhlo první oživení jednotlivých senzorů, Arduina Uno, modulu s hodinami reálného času a ukládáním na SD kartu. Jakmile všechna zařízení fungovala, následovalo určení vzorkovací frekvence pro ukládání dat na SD a tato frekvence byla stanovena na 5 sekund. Všechny senzory mají nastavenou vzorkovací frekvenci pro snímání dat na 1 sekundu, tudíž je možné stanovit frekvenci pro ukládání dat na SD kartu od 1 sekundy výše. Po tomto nastavení proběhlo zkušební měření každého senzoru za účelem zjištění, zdali senzory měří správně. Měření probíhalo v delším časovém intervalu, aby bylo zjištěno, zdali jsou senzory stabilní a nedochází k postupným nepřesným měřením. Obrázek 42, Obrázek 43 a Obrázek 44 zobrazují data z měření v laboratorních podmínkách.

temperature	humidity	temperature2	humidity2
25.75	34.33	25.84	33.63
25.51	35.23	25.59	34.92
25.51	37.30	25.50	36.13
25.55	37.44	25.48	37.26
25.45	31.07	25.43	37.64
25.19	29.01	25.40	35.30
25.09	32.30	25.38	36.99
25.07	35.30	25.38	38.43
25.10	36.41	25.38	39.28

Obrázek 42 Naměřená data ze senzorů SHT15

Celsius
26.94
26.94
26.94
26.94
26.94
26.94
26.94
26.94
26.94
26.94
26.94
26.94
26.94

Obrázek 43 Naměřená data ze senzoru DS18B20

Concecration

0.62

0.62

0.62

0.62

0.62

0.62

0.62

0.62

0.62

0.62

0.62

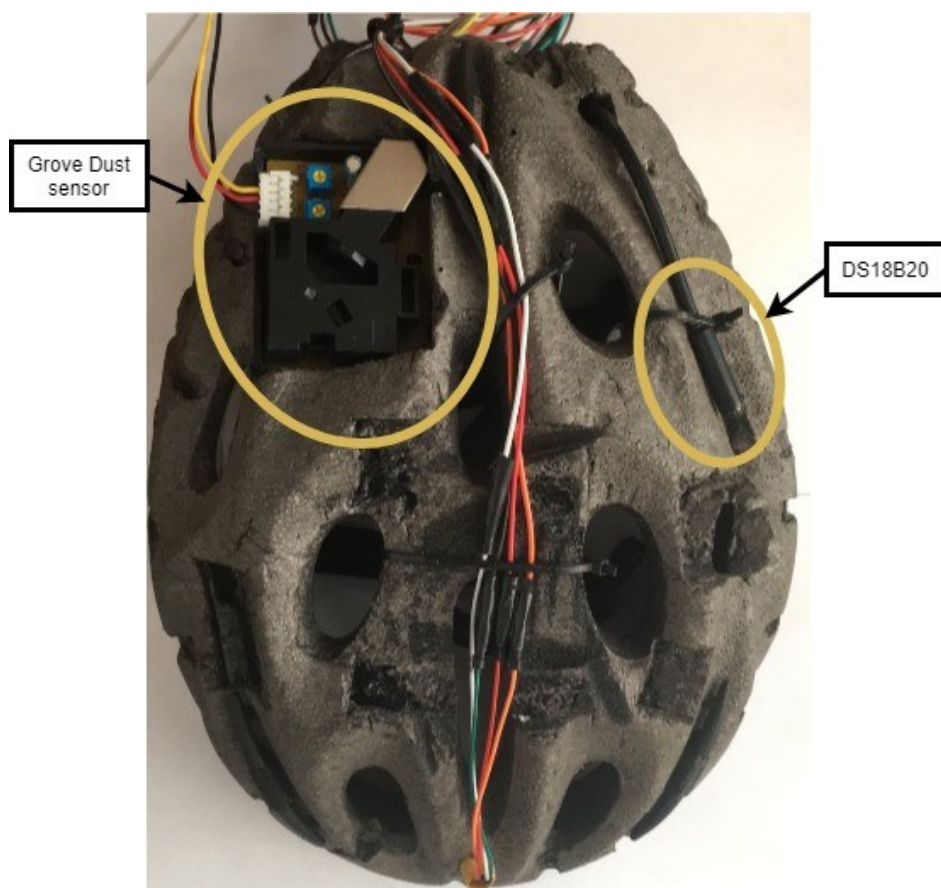
0.62

0.62

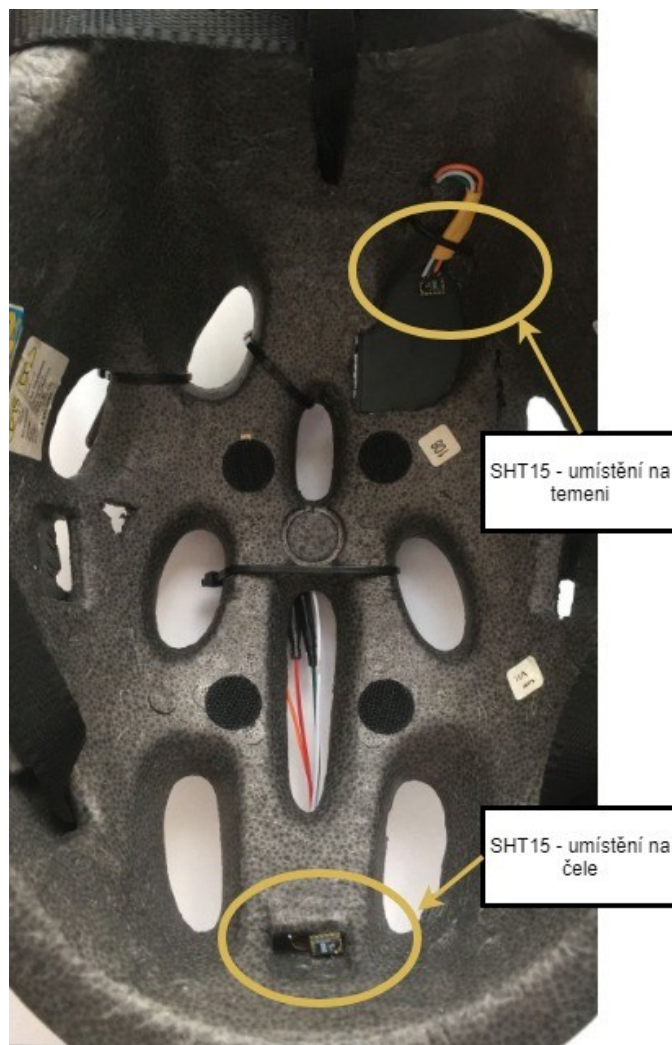
Obrázek 44 Data z Grove Dust sensoru

Z naměřených dat je patrné, že všechny senzory splňují svou funkčnost, stabilitu snímání a zápis v textové podobě. Na Obrázek 42 můžeme pozorovat, že rozdíl teploty mezi prvním snímačem teploty a vlhkosti a druhým se pohybuje v rozmezí 0,5 °C, což může být zapříčiněno přesností daných senzorů, které mají přesnost 0,5 °C. Rozdíl relativní vlhkosti mezi těmito senzory se pohybuje v rozmezí do 5 %, což také odpovídá přesnosti senzorů u dané veličiny.

Po zjištění stabilní funkčnosti a naměření dat, následovalo rozmístění senzoru na chytrou cyklistickou helmu. Senzor DS18B20 je umístěn v zadní části helmy na levé straně. Senzor je přichycen k povrchu helmy. Naprotější pravé straně je umístěn Grove dust sensor, toto umístění senzoru bylo zvoleno z důvodu, lehkého krytí senzoru proti vnějším nepříznivým vlivům, jako je přímý kontakt s větrem atd. Sensory SHT15 jsou umístěny uvnitř cyklistice helmy. První senzor je umístěn v přední části, nad čelem. Druhý SHT15 senzor byl umístěn v zadní části nad temenem hlavy.



Obrázek 45 Rozmístění senzorů vně cyklistické helmy

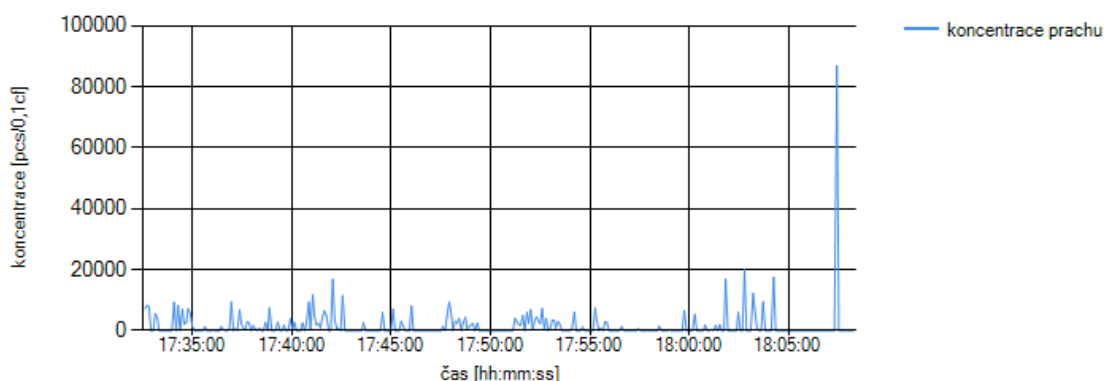


Obrázek 46 Rozmístění senzorů uvnitř cyklistické helmy

Toto umístění bylo zvoleno z důvodu predikce největší míry produkce tepla a potivosti z pokožky hlavy. Umístění těchto senzorů je velice praktické z důvodu malých rozměrů. Po následujícím umístění a vyřešení instalace jednotlivých elektronických komponent následovalo provedení měření v terénu za jízdy na cyklistickém kole. Sběr dat proběhl po dobu 40 min intenzivní jízdy na dráze cirká 10 kilometrů. Po tuto dobu bylo zaznamenáno cca 480 nasnímaných hodnot z každého senzoru. Naměřená data byla následně vyobrazena v navrženém softwaru k vizualizaci dat.

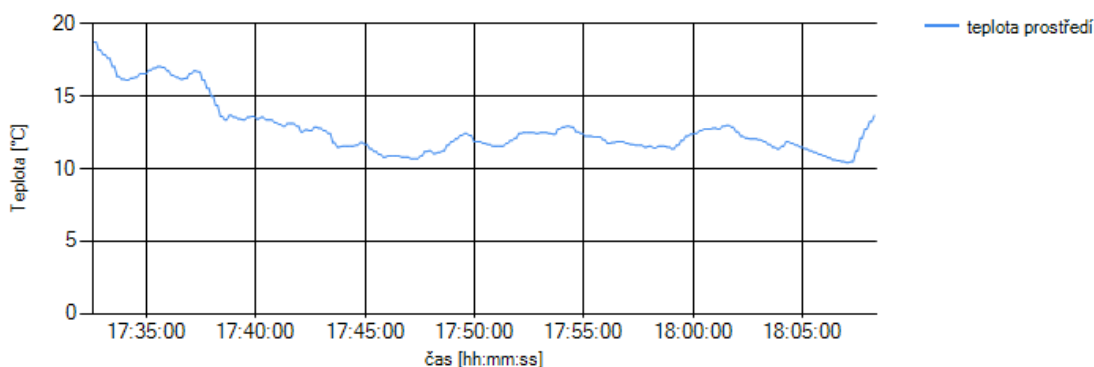
9 Popis změřených dat

V následující kapitole jsou vyobrazeny jednotlivé grafy pro naměřené environmentální parametry z jednotlivých senzorů. Grafy byly vyobrazeny realizovaným softwarem k vizualizaci naměřených dat.



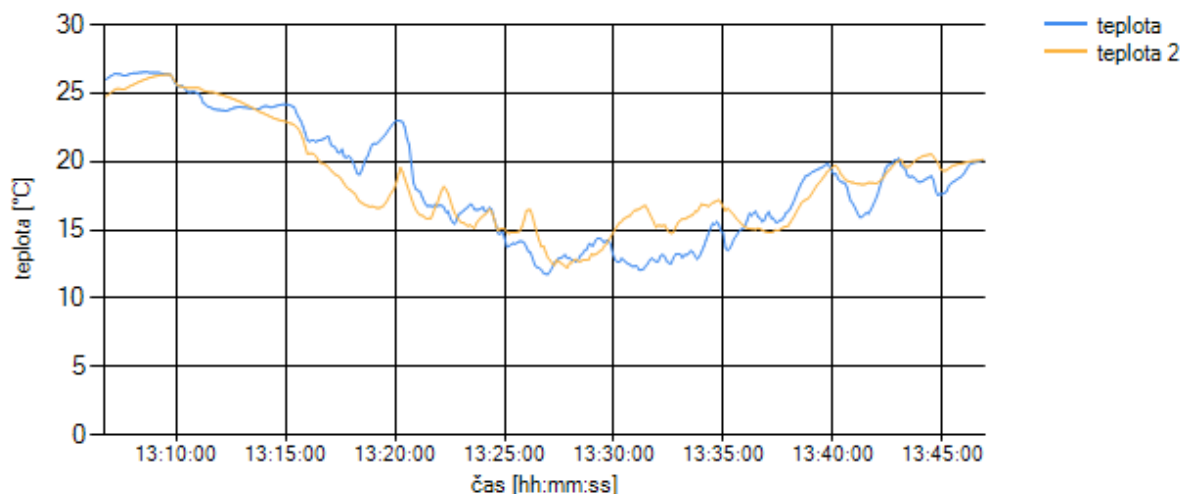
Obrázek 47 Graf koncentrace prachu

Obrázek 47 zobrazuje graf průběhu naměřené koncentrace prachu v závislosti na čase. Z grafu je patrné, že senzor zaznamenává v úseku krátkých intervalů, vysoké výkyvy hodnot, které podle předpokladu na krátkém vzdálenostním úseku by neměly nastat. Jelikož koncentrace prachu se na těchto vzdálenostech nemůže rapidně lišit. Tyto výkyvy mohou patrně nastat z důvodu, že senzor koncentrace prachu je optický a může být citlivý na vnější vlivy. Přímý vítr či rušení mechanického rázu mohou způsobovat artefakty. Z tohoto vyplývá, že senzor nemusí být optimálním řešením pro užití na chytré cyklistické helmě, i když tento údaj může být pro uživatele velice přínosný.



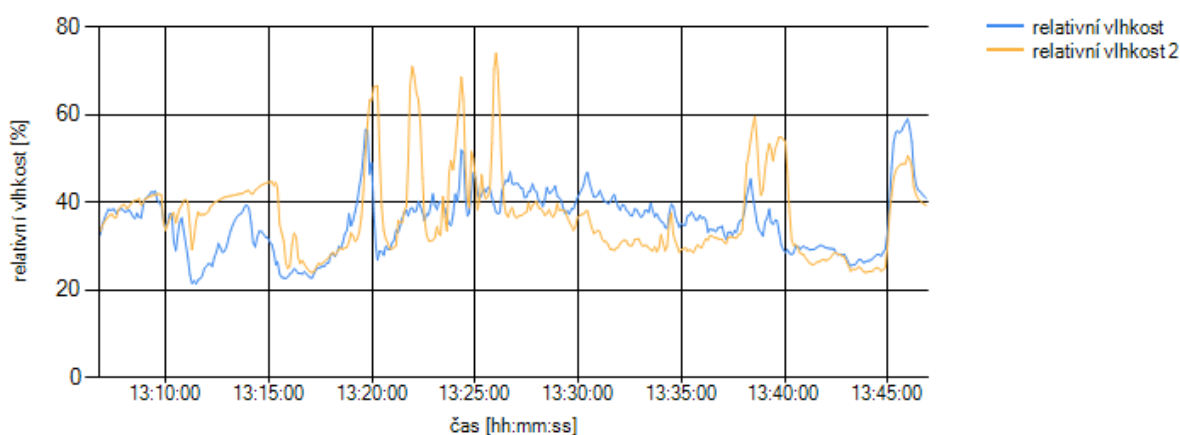
Obrázek 48 Graf teplotní křivky ze senzoru DS18B20

Obrázek 48 zobrazuje graf vykreslené křivky záznamu teploty v závislosti na čase. Data byla naměřena senzorem DS18B20, který snímá teplotu vnějšího prostředí. Z průběhu naměřených hodnot je patrné, že senzor nezaznamenává, či nevytváří artefakty, které by zkreslovaly měření. Průběh měření se jeví téměř konstantní, až na počátečních cca 5 – 10 minut, kdy je zaznamenána teplota vyšší. Záznam vyšší teploty nastal z toho důvodu, že v této době se cyklistická helma nacházela v laboratorním prostředí, a po zprovoznění senzoru následovalo měření ve venkovním prostředí. V době měření ve venkovním prostředí se teplota pohybuje v rozmezí od 10 °C do 15 °C. Hodnoty teploty se mění v rozmezí malých hodnot, což může být způsobené rychlostí, jakou cyklista v daný moment jel, dále změnou síly a rychlosti větru nebo změnami klimatických podmínek.



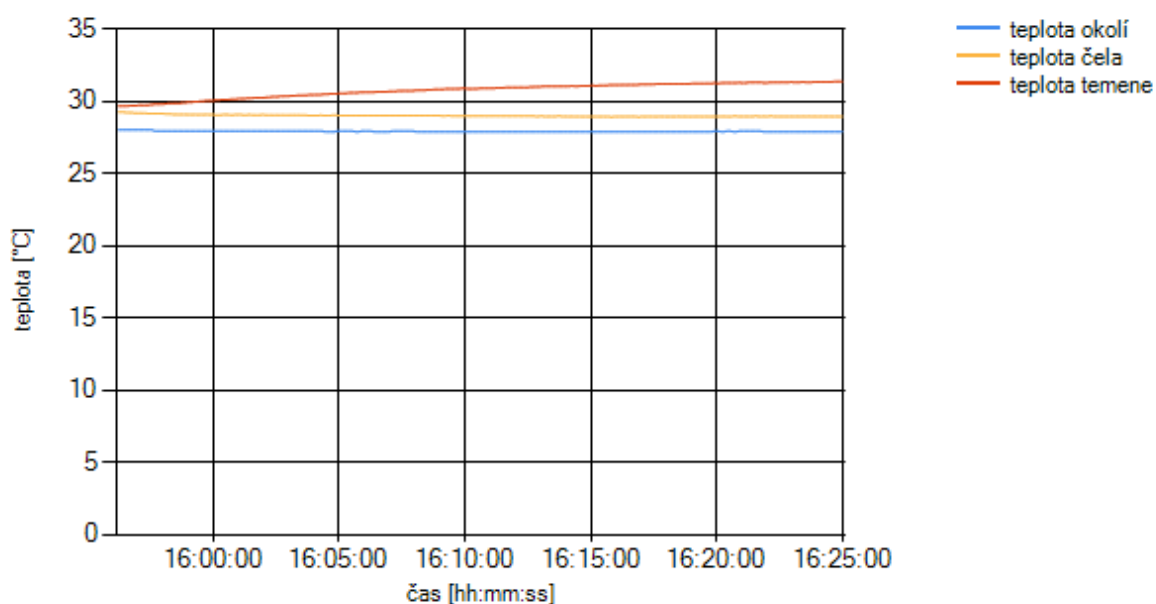
Obrázek 49 Graf teplotních křivek senzorů SHT15

Obrázek 49 vyobrazuje křivky teplot ze senzorů SHT15. Modrá křivka znázorňuje teplotu ze senzoru, který je umístěn nad čelem uvnitř helmy a žlutá křivka znázorňuje teplotu ze senzoru, který je umístěn nad temenem hlavy uvnitř cyklistické helmy. Můžeme sledovat, že teploty z dvou totožných senzorů nejsou stejné, což může být způsobené v závislosti na uložení jednotlivých senzorů, a dále také na velikosti fyzické zátěže, v případě, že cyklista měl velkou fyzickou zátěž a zaznamenal zvýšenou míru potivosti v oblasti čela, tak tento jev mohl způsobit i nárůst teploty. Jeví lze krásně vyhodnotit společně s Obrázek 50, který vyobrazuje graf, na kterém jsou vyobrazeny dvě křivky, úplně stejně, jako je tomu v případě teploty pro senzory SHT15, s rozdílem, že graf nevyobrazuje teplotu ale relativní vlhkost. Můžeme například sledovat, že v době okolo 13:30 byl nárůst vlhkosti na čelní straně vyšší a také byl ve stejný čas zaznamenán nárůst teploty. Toto srovnání by mohlo vést k tvrzení, že se zvýšenou mírou potivosti narůstá i tělesná teplota v určitých místech. V době od 13:20 do 13:26 došlo k vysokým výkyvům snímané relativní vlhkosti u senzoru, který je umístěn nad temenem. Tento jev mohl nastat v případě, že snímač přišel do kontaktu s vlhkou částí například vlasů, nebo kapičkou potu. V případě, že tento jev může nastat, je třeba provést lepší izolaci senzoru, aby nemohl přijít do fyzického kontaktu s předmětem, který znehodnotí měření.



Obrázek 50 Graf křivek relativní vlhkosti senzorů SHT15

Následující Obrázek 51 vyobrazuje v grafu 3 křivky ze všech teplotních senzorů. Je tak možné přehledně srovnat teplotu okolního prostředí s teplotami uvnitř cyklistické helmy. Modrá křivka vykresluje teplotu okolního prostředí. Žlutá křivka vykresluje teplotu uvnitř cyklistické helmy ze senzoru, který je umístěn nad čelem a červená křivka vykresluje teplotu uvnitř helmy ze senzoru, který je umístěn nad temenem. Z grafu můžeme vyčíst, že nejvyšší teplotu zaznamenává senzor umístěný nad temenem, poté senzor nad čelem a nejnižší zaznamenanou teplotu má snímač vnějšího prostředí.



Obrázek 51 Graf křivek teplotních senzorů

10 Závěr

Úvodní část této práce je věnována rešeršní přípravě k tématu bakalářské práce. V dostupné literatuře, člancích, studiích atd. je doposud velice málo obsaženo téma měření enviromentálních parametrů s užitím pro chytrou cyklistickou helmu. Dohledatelné články se spíše zaměřovaly pro užití enviromentálních senzorů na helmách horníků, kteří jsou vystaveni potenciálnímu nebezpečí. Přesto bylo vypracování rešerše velice přínosné, a to z důvod, že jsem získal teoretický přehled, jaké senzory pro měření enviromentálních parametrů vybrat, jak postupovat při sestavování elektronické, či software struktury pro dané senzory a jaké enviromentální parametry by mohly být zajímavé a pro potenciálního uživatele chytré cyklistické helmy přínosné.

V rámci bakalářské práce jsem provedl průzkum trhu za účelem výběru vhodných senzorů pro měření enviromentálních parametrů. Tabulky číslo (1) a (2) byly vytvořeny na základě získaných informací o jednotlivých senzorech v průběhu průzkumu trhu. Tyto tabulky přehledně srovnávají jednotlivé senzory. Pro vybrané enviromentální senzory jsem realizoval elektronické a software řešení, tato řešení se nacházejí v kapitolách 5 a 6. Následně jsem realizoval software v jazyku c#, který slouží k vizualizaci nasbíraných dat z jednotlivých senzorů, popis toho softwaru je obsažen v kapitole 7. Jakmile byl software k vizualizaci dat dokončen, tak jsem provedl testování v laboratorních podmínkách s výsledky, že senzory splňují veškeré požadavky. Popis laboratorního měření s obrázky naměřených dat jsou obsaženy v kapitole 8. Z laboratorního prostředí jsem pokračoval v testování senzorů s užitím na cyklistické přilbě, ve venkovním prostředí. Popisu měření z laboratorního a venkovního prostředí se věnuje kapitola 8. Grafy se záznamy měření z venkovního prostředí jsou obsaženy a popsány v kapitole 9.

Pokračováním této bakalářské práce, by mohlo být zkoumání jiných senzorů a veličin pro měření enviromentálních parametrů. Dále například snaha o stabilizování Grove Dust sensoru, aby během měření na cyklistické helmě nebyl rušen okolními jevy. Tento parametr by mohl být uživatelsky přínosný, a bylo by velice zajímavé a přínosné stanovit nový, či jiný senzor, který by mohl pracovat na jiném než optickém principu a tím zajistit přesné a stabilní měření. Jedním z kroků by mohla být práce se softwarem na vizualizaci dat. Postupné zlepšování funkcí, doladování či zpřesňování vizualizovaných dat.

Na závěr mohu říct, že zadání práce bylo splněno, nicméně k dokonalému a bezchybnému použití v rámci chytré cyklistické helmy je třeba udělat ještě několik kroků. K tomuto tématu se nabízí mnoho dalších věcí, které je třeba prozkoumat a mohou přinést nové poznatky.

Literatura

- [1] ČERNÝ, Martin a Marek PENHAKER. *Biotelemetrie: senzory a měřící obvody*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007. Senzory neelektrických veličin. ISBN 978-80-248-1605-0.
- [2] GERTZ, Emily. a Patrick DI JUSTO. *Environmental monitoring with Arduino*. Sebastopol, CA: O'Reilly, c2012. ISBN 978-144-9310-561.
- [3] KREIDL, Marcel a Patrick DI JUSTO. *Měření teploty: senzory a měřící obvody*. Praha: BEN - technická literatura, 2005. Senzory neelektrických veličin. ISBN 80-730-0145-4.
- [4] RIPKA, Pavel a Patrick DI JUSTO. *Senzory a převodníky: senzory a měřící obvody*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. Senzory neelektrických veličin. ISBN 80-010-3123-3.
- [5] KALIČINSKÁ, Jitka a Patrick DI JUSTO. *Monitorování životního prostředí: senzory a měřící obvody*. Ostrava: Pavel Klouda, 2006. Senzory neelektrických veličin. ISBN 80-863-6913-7.
- [6] YANG, Guang-Zhong. a Marek PENHAKER. *Body sensor networks: senzory a měřící obvody*. New York: Springer, c2006. Senzory neelektrických veličin. ISBN 978-1-84628-272-0.
- [7] *Cetronic Electtonic Components* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: http://www.cetronic.es/sqlcommerce/ficheros/dk_93/productos/999052015-1.jpg
- [8] *Elektro-hofman* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://www.elektro-hofman.cz/obchody/elektro-hofman.shop5.cz/prilohy/8/ptc-termistor-ptc30v0-8r-30v-120-c-1-7a-0.jpg.big.jpg>
- [9] *Farnell* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: http://cz.farnell.com/productimages/standard/en_GB/42529755.jpg
- [10] *Rasel* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://www.rasel.cz/www/obrazky/large/10449.jpg?14.9.201613:42:42>
- [11] *Seed The IoT Hardware Enabler* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://statics3.seeedstudio.com/seeed/img/2016-11/1zRTtnO24twjUFuc0bKxXO1h.jpg>

- [12] *SOUQ an amazon company* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: https://cf1.s3.souqcdn.com/item/2013/10/11/61/86/78/0/item_XL_6186780_3246529.jpg
- [13] *HOBBY components* [online]. [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: http://hobbycomponents.com/1445-thickbox_default/data-logger-shield.jpg
- [14] *Sparkfun* [online]. 2018 [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/SHT1x_datasheet.pdf
- [15] *Sparkfun* [online]. 2018 [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temp/DS18B20.pdf>
- [16] [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ed/SPI_single_slave.svg/350px-SPI_single_slave.svg.png
- [17] [online]. [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: http://i.iinfo.cz/urs/pc_44_02-123134642761222.jpg
- [18] *Dhservis* [online]. 2002 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <http://www.dhservis.cz/iic.htm>
- [19] *Tajned* [online]. 2016 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <http://www.tajned.cz/2016/12/spi-rozhrani/>
- [20] *Arduino návody* [online]. 2017 [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: http://navody.arduino-shop.cz/images/obr_clanky/ard_projekty/08_mereni_teploty_termistor/krivka.png

Seznam příloh

- Příloha A. Software k vizualizaci dat – Visual studio 2017
- Příloha B. Zdrojový kód k senzorům – Arduino IDE

Uvedené přílohy se nacházejí na přiloženém CD.